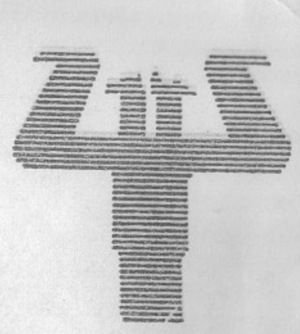
Facultad de Psicología, UNAM



Segundo Semestre

MOTIVACION Y EMOCION

Clave 0501

Unidad II

MOTIVACION: MOVIMIENTOS FORZADOS, INSTINTO E IMPRONTA

TRADUCTORA: *Ma. Elena Ortiz*

Sem. 94/2

MOTIVACION: MOVIMIENTOS FORZADOS, INSTINTO E IMPRONTA.

El movimiento es la capacidad psicológica más importante del reino animal. Mientras que el movimiento resulta natural en los animales, resultaría sorprendente que una planta o un objeto inanimado se impulsaran por si mismos. Si quiere saber si el objeto encontrado en el jardín es un animal, hostíguelo, si se escabuye o vuela sabrá que se trataba de una animal y no de un vegetal o un mineral. En términos generales la capacidad de movimiento parece ser algo común, ya que la compartimos con la mayor parte del reino animal; pero lo cierto es que resulta más bien extraña, y su estudio requiere de una materia especial, la Motivación, palabra cuya raiz latina proviene de "movimiento".

Cuando un niño patea una lata necesitamos principios de Motivación para explicar su conducta, el movimiento de la lata puede ser explicado por la Física. Pero los animales se mueven también como objetos físicos y no sólo como seres animados. Cuando empujamos a una tortuga, - al principio se mueve tanto como lo haría una piedra de su tamaño, ese movimiento corresponde a la física más que a la psicología; pero luego puede esconder la cabeza o arrastrarse, y la comprensión de esos movimientos es asunto de los psicólogos. Como demostrará este capítulo, podemos abarcar mucho terreno en el campo de la Psicología antes de po-- der explicar el movimiento de una tortuga.

Un animal almacena energía en sus tejidos que es transformada en movimiento cuando el animal se comporta. Hasta donde se sabe, durante el proceso nada sucede que viole las leyes de la Física o la Química, pero ni la Física ni la Química pueden explicar por si mismas la extraordinaria variedad del movimiento animal. Han transcurrido millones de años desde que las primeras criaturas dotadas de movimiento empezaron a tomar ventaja sobre sus competidores inmóviles. En los millones de - generaciones que desde entonces se han sucedido, la evolución ha mol-- deado innumerables esquemas hasta conseguir que el movimiento resultara redituable. En este capítulo comenzamos a delinear este legado biológico, tal como es mostrado en la conducta de las criaturas vivientes

----

Tomado de la obra de R. Brown y R. J. Herrnstein, Psychology Little, Brown and Co. 1975 páginas 21-60.
Traducción de María Elena Ortiz Salinas.

que tienen movimiento, desde el insecto más insignificante hasta el animal más grande.

En la Psicología ningún tópico es tan extenso ni escurridizo como el de la Motivación. Su vasto territorio carecé de habitantes nativos, lo que dificulta saber con certeza cuándo se está confrontando un hecho motivacional; al trascender al sentido común, lo que en principio parecía evidente se diluye en detalles y tecnicismos infinitos. Para el lego -o su portavoz oficial, el diccionario- la "motivación" es sencillamente el estudio de los "motivos", siendo éstos las cosas que mueven a la gente y a los animales. El sentido común nos dice que los motivos de una persona son las razones de sus acciones, pero ¿qué nos dice la Psicología?, para la Psicología Científica el problema de la motivación es el problema del propósito de la conducta. La noción de propósito ha reemplazado a la intuición del lego respecto a las razones por las que la gente actúa.

Alguna vez se llegó a pensar que el propósito era la característica distintiva de la vida, sino es que de la vida humana. Este criterio pudo ser válido hasta que las máquinas empezaron a mostrar propósitos. Hace algunos años apareció un juguete que suscitó gran interés, además de resultar un negocio lucrativo; el juguete era una simple caja rectangular, de unos cuantos centímetros de lado, dentro de la cual se encontraba el modelo en miniatura de una mano humana. Cuando la caja era abierta la mano salía rápidamente con la palma hacia arriba, girando por la orilla de la tapa, aparentemente para jalarla y cerrar la caja. Aunque nada especial había en el mecanismo del juguete, resultaba interesante, ya que no estamos acostumbrados a que los objetos inanimados nos desafíen con sus propios propósitos. Resultaba novedoso encontrar un motivo (en este caso uno no amistoso) en la conducta de una máquina.

La mano parecía motivada porque en su acción parecían existir los elementos básicos de cualquier secuencia motivacional. Había una circunstancia (la apertura de la caja), un acto (el cierre de la caja), y lo que es más significativo, la gente se encontraba infiriendo algún "estado interno" de la mano (deseo de soledad, hostilidad, o timidez). Evidentemente el estado inferido es la parte débil de la analogía, ya que ni siquiera en el caso de las criaturas ordinarias podemos estar seguros de su existencia. Si la caja fuera un organismo real, podríamos analizarla para averiguar cuál de los estados inferidos da una mejor explicación de la conducta, ¿preferiría la mano apagar las luces de la caja, levantar el piso en lugar de cerrar la tapa, ó poner obstáculos que le permitieran aislarse? Las relaciones necesarias y suficientes entre conducta y circunstancias podrían irse analizando para poder delimitar el rango de los motivos posibles. Por supuesto, la caja no es un organismo y su conducta no es variable, pronto demostraría ser indiferente a nuestras substituciones. Si en realidad alguien iniciara este experimento, pronto dejaría de dar crédito a los motivos de la mano.

No es que las máquinas difieran de las criaturas esencialmente en ese sentido. En principio es posible construir una máquina sin las limitaciones de la caja, se le podría asignar cualquier cantidad de partes móviles, de metas a lograr, y de capacidades sensoriales. Si usted no la hubiese construído, o si no tuviera una explicación de su diseño y éste fuera demasiado complejo o variable, entonces el problema de inferir sus propósitos (sus estados internos) resultaría semejante al que confronta el psicólogo cuando observa criaturas cuyos planes no conoce de antemano.

Definir la motivación como el estudio de las circunstancias, los actos y los estados que los relacionan, es lo suficientemente amplio para permitir cualquier grado de complejidad. Los actos pueden ser innatos o aprendidos; lo que se entiende por "circunstancia" depende de cómo lo perciba el actor. La relación entre acto y circunstancia puede satisfacer un requisito social o biológico. Por ejemplo, consideremos el comer, una persona come (el acto) cuando se le presenta alimento (la circunstancia), generalmente cuando tiene hambre (el estado inferido que hace que el comer sea apropiado). Pero, es evidente que la manera en que consume el alimento (con cubiertos, con palillos, o con las manos) está determinada por la experiencia, lo que demuestra la participación del aprendizaje. También lo que la persona acepta como alimento refleja su pasado, ya que el alimento de un hombre puede no ser el de otro. Por su parte, el hambre si parece innata, un estado que a la vez que refleja nuestra herencia genética, afecta a nuestro comportamiento. Consideremos, en contraste, el hecho de estrechar la

mano, conducta que en nuestra cultura es la adecuada cuando se nos ofrece una mano. En este caso, la relación entre circunstancia y acto parece cultural, no innata. Por lo tanto, la motivación se extiende a todo lo ancho de la experiencia y la actividad humana, desde la biología básica hasta el convencionalismo social.

De hecho va más allá. pues no hay razón científica que la limite a la humanidad. Todos los seres vivos que se comportan (excluyendo solamente a las plantas sin movimiento) plantean el problema de explicar sus respuestas variadas en términos de estados inferidos. Si la conducta no variara. (si el mismo estímulo provocara siempre la misma respuesta), entonces el problema de la motivación desaparecería como lo hace la mano dentro de la caja. Pero dicha rigidez no es común en el reino animal; incluso los animales más insignificantes revelan las presiones de estados internos que regulan su relación con el ambiente que les rodea. De hecho, los principios motivacionales básicos se estudian mejor al avanzar de las respuestas relativamente estereotipadas de los organismos inferiores a las respuestas altamente variables de los organismos superiores (entre los que se incluye el hombre).

MOVIMIENTOS FORZADOS.

Si al caminar por el campo levanta un leño o una piedra en un lugar en que la tierra esté húmeda podrá ver a los residentes del lugar ponerse en acción. Entre ellos puede encontrarse una inofensiva criatura conocida como piojo de madera o cochinilla de tierra, que en realidad no es ni piojo, ni cochinilla (es decir, no es un insecto), sino un crustáceo, más emparentado con la langosta y el cangrejo de rio que con los insectos con los que comparte la parte inferior de los troncos. Se trata de un animal oscuro, redondo, de forma similar a la del puerco (de ahi el nombre de "cochinilla de tierra" o Porcellio, que se deriva de la misma raíz latina que puerco). A los niños les divierte molestar a las cochinillas, las cuales se aglutinan en pequeñas bolas compactas al ser perturbadas. El piojo de madera o cochinilla de tierra puede enseñarnos una primera e importante lección en el estudio de la motivación.

ORTOKINESIS

Parece que a la cochinilla le encanta ocultarse, y lo hace tan bien que es muy raro que pase al aire libre más de unas cuantas horas. Tan pronto como su entorno está más seco que su superficie, su vida literalmente se evapora. Para su buena fortuna, su estilo de vida compensa ese defecto fisiológico, lo que no debería sorprendernos toda vez que la especie ha perdurado por siglos. Sin embargo, al estudiar la motivación debemos llegar a conocer el caracter psicológico que asegura al animal su supervivencia. Dicho en otras palabras, ¿cómo sabe la cochinilla lo que le conviene?

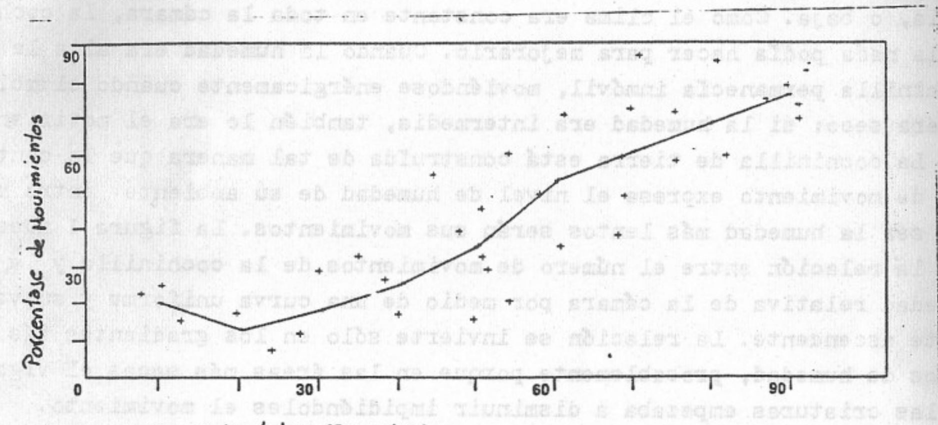


Figura 1. Se colocó a un grupo de cochinillas de tierra en una cámara cuyo nivel de humedad relativa se expresa en la abscisa. Cada punto representa un experimento separado, y la línea traza sus promedios. Exceptuando una sequedad extrema, a mayor humedad mayor era el número de cochinillas inmóviles, lo que concuerda con su ortokinesis.(Tomado de Gunn, 1937)

En el laboratorio la cochinilla muestra rápidamente su preferencia por la humedad. Si se le coloca en una cámara especial en que la humedad del aire varía gradualmente de un extremo seco a otro húmedo, terminará casi infaliblemente en el extremo húmedo. Resulta tentador comparar su conducta con la de la gente en la playa en un día caluroso, también la gente se dirigirá a la humedad. Pero el patrón de movimiento (entre otras cosas) nos distingue de la cochinilla en la búsqueda de confort. Mientras que nosotros nos encaminamos directamente al agua, la cochinilla merodea en la cámara, en ocasiones se dirige al extremo húmedo y otras veces se aparta de él, haciéndolo a veces de manera directa a través del gradiente de humedad. para su seguridad alcanza la

humedad, pero lo hace casi a pesar de si misma. Al observar la trayectoria de su recorrido no podemos atribuirle mucha comprensión de sus necesidades, pero tampoco debemos subestimarla, ya que a pesar de su aparente indecisión logra conservarse adecuadamente húmeda.

La psicología de la cochinilla de tierra fué aclarada cuando (en un experimento descrito por Fraenkel y Gunn, 1940) se le colocó en una camara cuya humedad era uniforme y que podia cambiar a elevada, intermedia, o baja. Como el clima era constante en toda la cámara, la cochinilla nada podía hacer para mejorarlo. Cuando la humedad era alta la cochinilla permanecía inmóvil, moviéndose enérgicamente cuando el ambiente era seco; si la humedad era intermedia, también lo era el movimiento. La cochinilla de tierra está construída de tal manera que la cantidad de movimiento expresa el nivel de humedad de su ambiente: entre mayor sea la humedad más lentos serán sus movimientos. La figura 1 muestra la relación entre el número de movimientos de la cochinilla y la humedad relativa de la cámara por medio de una curva uniforme y suavemente ascendente. La relación se invierte sólo en los gradientes más bajos de humedad, probablemente porque en las áreas más secas el vigor de las criaturas empezaba a disminuir impidiéndoles el movimiento.

La curva de la figura 1 explica, al menos en parte, la razón por la que las cochinillas se congregan bajo troncos y rocas. Cuando el ambiente se torna seco un hidrómetro innato ocasiona un aumento en el movimiento, lo que permite al animal cubrir cantidades relativamente grandes de territorio; al encontrarse en un ambiente más húmedo, el hidrómetro empieza a descender, disminuyendo el movimiento y manteniendo asi al animal cerca da la humedad.

Los estudiosos de la conducta animal -particularmente de la conducta de animales inferiores- han encontrado muchos otros ejemplos de movimiento regulado únicamente por la cantidad de estimulación, denominando a dicha conducta ORTOKINESIS (literalmente, movimiento en línea recta). Los ejemplos comunes describen a criaturas relativamente simples (varios tipos de insectos, gusanos, y otros invertebrados) cuyo movimiento o inactividad depende de la cantidad de contacto corporal, o del nivel de calor, humedad, substancias químicas, etc, en el aire o el agua circundantes. En algunas criaturas el movimiento es causado por

la luz, en otras por la oscuridad. En cualquier caso, se trata de una ortokinesis si el movimiento no está dirigido hacia o en contra de la fuente de luz, sino que simplemente depende de la cantidad de luz que estimula al organismo. Pese a la falta de dirección, las criaturas logran congregarse en la oscuridad o en la luz; según sea el caso, si la ortokinesis produce más movimiento con la luz, las criaturas se congregarán en la oscuridad, en el caso contrario se reunirán en la luz.

Saber que un animal tiene una ortokinesis no supone tener una explicación completa; después de todo, es posible construir una máquina que aumente o disminuya su movimiento en función de algun tipo de estimulación. Se han encontrado ortokinesis en criaturas con todo tipo de órganos sensoriales y partes móviles, y en criaturas con sistemas nerviosos avanzados, primitivos, e incluso sin sistema nervioso. Para esta enorme diversidad la naturaleza ha mantenido a la ortokinesis como forma de resolver las demandas de la vida, lo que parece digno de estudio.

La cochinilla de tierra demuestra, con su respuesta ortokinética a la humedad, la forma en que las necesidades de una criatura pueden ser satisfechas por medio de un movimiento forzado tan automático como el salto de una pieza de pan del tostador. El animal (para no hablar del pan) no necesita ser cognoscente, propositivo, o talentoso (en el sentido común de esas palabras) para encontrar su camino. Podría pensarse que la ortokinesis no se aplica a la conducta de animales superiores, pero más adelante demostraremos que si se aplica en unión de otros procesos más complejos.

KLINOKINESIS.

Al igual que muchos animales inferiores, la primitiva planaria tiende a preferir la oscuridad. Si colócamos a un grupo de planarias en un recipiente de agua con un extremo brillantemente iluminado, y el otro oscuro, gradualmente se concentrarán en la oscuridad. Los cambios en la cantidad de luz no aumentan ni disminuyen su tasa de movimiento en cualquier dirección, de modo que la conducta no es ortokinética. Tampoco se alejan de la fuente de luz de la manera directa en que lo haría un humano, más bien parecen merodear sin sentido, pero lo hacen con la consistencia suficiente para lograr llegar a la oscuridad.

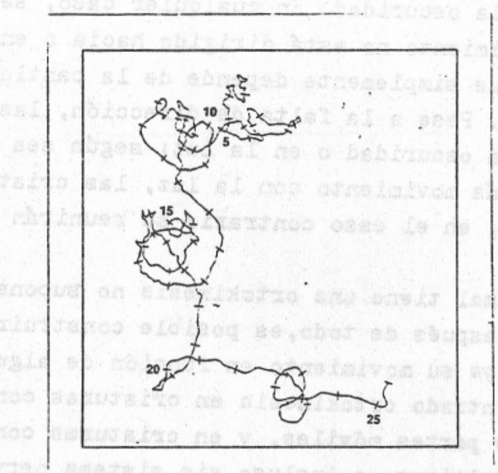


Figura 2. Patrón de movimiento de una planaria aproximadamente durante 25 minutos. Los intervalos de cinco minutos aparecen numerados y los intervalos de 30 segundos son mostrados por las cruces. La trayectoria serpentineante muestra una klinokinesis a la luz. Aunque el nivel de luz se mantuvo constante durante todo el episodio, la adaptación a la luz disminuyó gradualmente la cantidad de giros. (Tomado de Ullyott, 1936).

Nuevamente la investigación de laboratorio revela un principio -- que explica el movimiento. Una planaria que nada libremente en un recipiente iluminado uniformemente tiende a girar irregularmente de una dirección a otra (como lo hace una carpa dorada en una pecera) con ángulos e intervalos variados. Al incrementar la iluminación se incrementa la tasa de cambios, aun cuando el nivel de luminosidad del recipiente permanezca uniforme. La intensidad de la luz no cambia la velocidad -- del movimiento sino la rotación angular o cantidad de cambios de dirección, a esta clase de respuesta se le llama KLINOKINESIS (movimiento - inclinado), y aunque difiere de la ortokinesis, también puede mantener a la criatura en un acuerdo vital con su ambiente.

La figura 2 muestra la trayectoria seguida por una planaria durante aproximadamente 25 minutos, en un recipiente con intensidad luminosa constante. Aunque la intensidad de la luz permanecía constante, los cambios de dirección tendían a disminuir al paso del tiempo, ondulaciones inicialmente apretadas daban lugar a ondulaciones más suaves con - alguna curva ocasional. A medida que la planaria se habituaba a la luz la tasa de cambios disminuía, obviamente por la adaptación de sus ojos

a la luz, algo similar a lo que nos sucede después de permanecer un rato en un cuarto brillante. Efectivamente, al principio la luz resultaba demasiado brillante para los estándares de la planaria por lo que - producía una buena cantidad de actividad klinokinética, hasta que te-- nía lugar la adaptación. En la figura 3 se resume gráficamente el episodio completo, mostrando la tasa de cambios de dirección -tcd medida en grados por minuto- observada al someter a la planaria a una luz inicialmente muy tenue que súbitamente pasaba a una muy brillante, la tasa de cambios que inicialmente era de 90° por minuto saltó a más de -- 700° por minuto (360° equivale a un círculo completo), para después regresar al nivel original aún cuando no se hubiera modificado la intensidad de la luz.

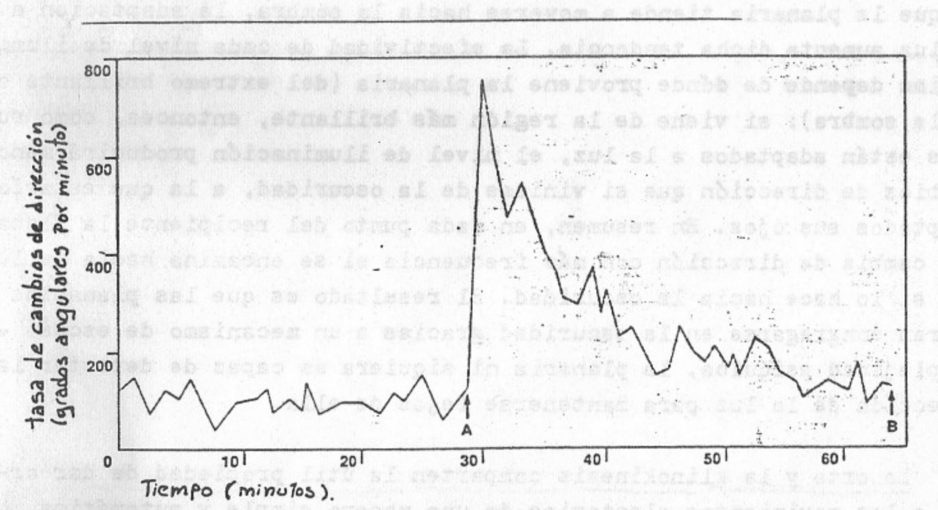


Figura 3. La planaria permaneció en un nivel bajo de iluminación hasta el momento marcado en A. En la ordenada se miden los cambios de dirección por medio del número de grados girados por minuto. A partir de A se incrementó el nivel de la - iluminación, permaneciendo asi hasta el final de la sesión,- en B. El incremento en los giros observado a partir de A --- muestra una klinokinesis; la disminución gradual observada - después probablemente se debió a la adaptación a la luz. (tomado de Ullyott, 1936).

La combinación de la klinokinesis y la adaptación a la luz permi-

te a la planaria llegar a la sombra, para entenderlo, considere lo qu debe suceder cuando la criatura se encuentra en un recipiente con un - gradiente de luz -brillante en un extremo, disminuyendo la brillantez hasta llegar a la oscuridad en el otro extremo-. Imagine que a la planaria se le coloca en la mitad del recipiente, donde la luminosidad es - intermedia, si la planaria se mueve hacia el extremo brillante la tasa de cambios se incrementaría, cubriendo una distancia más corta antes - de cada giro. Cada nuevo giro puede llevarla al extremo brillante o regresarla hacia la sombra. Sin embargo, entre mayor sea el brillo de la luz, más rápido será el cambio; en contraste, al disminuir la intensidad de la luz aumentará la distancia recorrida antes de cambiar de dirección. En otras palabras, es mas probable que la direccion del movimiento sea alterada por una luz brillante que por una luz tenue, de modo que la planaria tiende a moverse hacia la sombra, la adaptación a - la luz aumenta dicha tendencia. La efectividad de cada nivel de iluminación depende de dónde proviene la planaria (del extremo brillante o de la sombra); si viene de la región más brillante, entonces, como sus ojos están adaptados a la luz, el nivel de iluminación producirá menos cambios de dirección que si viniese de la oscuridad, a la que estarían adaptados sus ojos. En resumen, en cada punto del recipiente la planaria cambia de dirección con más frecuencia si se encamina hacia la luz que si lo hace hacia la oscuridad. El resultado es que las planarias - logran congregarse en la oscuridad gracias a un mecanismo de escasa -- complejidad psíquica, la planaria ni siquiera es capaz de detectar la-dirección de la luz para mantenerse lejos de ella.

La orto y la klinokinesis comparten la útil propiedad de dar or-- den a los movimientos aleatorios de una manera simple y automática. No es difícil entender la razón que hace de las kinesis la clave de la supervivencia de ciertos tipos de criaturas. Para los animales con escaso tejido nervioso que les permita integrar sus experiencias, o cuya - expectativa de vida es tan breve que no tienen muchas experiencias para integrar, el ajuste por medio del aprendizaje difícilmente resultaría de ayuda. Además, si sus receptores sensoriales son primitivos, no podrían registrar la dirección de dónde provienen los estímulos; y, para concluir, si sus partes móviles sólo les permiten un rango estrecho de movimientos estereotipados, no hay mucho que puedan hacer para cambiar su ambiente; en lugar de eso, de alguna manera deben ubicarse en

algún lugar en donde resulte más sencillo sobrevivir. Para criaturas - tan bien dotadas como el hombre (según nuestros criterios) parecería - imposible sobrevivir sin memoria, aprendizaje, receptores direccionales o movimientos hábiles, pero eso es precisamente loque las kinesis hacen posible.

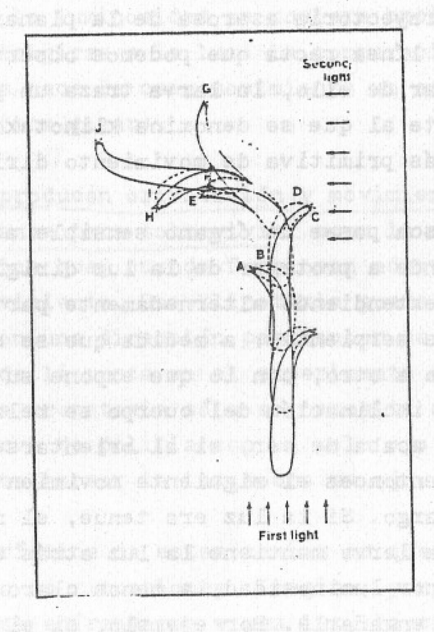


Figura 4. Esquema del movimiento de la larva de la mosca. La larva avanza adelantando su parte frontal, como en A y C, y encogiendo luego su parte trasera, como en B y D. En cada -- ocasión, la larva extiende su parte frontal de un lado a --- otro de manera alternada. La longitud del avance depende de que tan brillante sea la luz que llega a su receptor. Cuando la larva se encontraba en D se apagó la primera luz y se encendió una segunda luz, arrojando más luz al receptor. En -- consecuencia, el siguiente paso a E -que es la klinotaxia que aleja a la larva de la nueva luz- es mayor que los anteriores En este ejemplo, el paso de G a H no muestra una fase de contracción bien definida. (Tomado de Mast, 1911, en Fraenkel y Gunn, 1940).

KLINOTAXIA.

Los animales simples a menudo exhiben movimientos relativamente -

directos hacia o lejos de fuentes de estimulación como luz o comida. - Dichos movimientos dirigidos son llamados taxias, nombre que se deriva de una palabra que significa "arreglo", existiendo varios tipos de --- ellos. Mientras la taxia implica dirección en relación a un estímulo,- las kinesis sólo implican movimiento. Si se coloca a la larva de una - mosca cerca de una luz intensa, se moverá hacia la oscuridad; su movimiento difiere de la trayectoria azarosa de la planaria, pero no llega a ser la bien dirigida línea recta que podemos observar en los animales superiores. En lugar de ello, la larva traza un patrón de movimiento ligeramente oscilante al que se denomina klinotaxia (ver la figura 4) y que es la forma más primitiva de movimiento dirigido.

La larva de la mosca posee un órgano sensible a la luz en su parte frontal, al que tiende a proteger de la luz dirigiéndolo a otro lado. La larva se mueve extendiendo alternadamente partes de su cuerpo,- como suelen hacerlo las serpientes; a medida que se desliza va moviendo la cabeza de un lado a otro, con lo que expone su receptor a la luz. En cada movimiento, la inclinación del cuerpo se relaciona con la intensidad de la luz que acaba de ver, si al orientarse a la izquierda - la luz era brillante, entonces el siguiente movimiento del cuerpo -a la derecha- será más largo. Si la luz era tenue, el movimiento será -- corto. De esa manera la larva mantiene la luz atrás de si, y al moverse lo hará hacia la menor luminosidad, a menos claro que se diseñe alguna manipulación para engañarla. Por ejemplo, si el experimentador enfoca una luz a la cabeza de la larva cada vez que ésta la dirige a la derecha, la klinotaxia hará a la larva girar inutilmente hacia la izquierda. Después de cada movimiento de la cabeza a la derecha, se dará en compensación un gran giro a la izquierda. En otras criaturas, la -- klinotaxia puede funcionar de manera diferente, por ejemplo, aumentando la longitud de los giros al disminuir el nivel de luminosidad, ese arreglo llevaría al animal hacia la luz, precisamente lo opuesto de lo que sucede con la larva.

TROPOTAXIA.

Los organismos que poseen pares de receptores sensoriales suelen guiarse comparando la estimulación recibida por cada receptor. Por --- ejemplo, la larva de la polilla de la harina tiene un ojo a cada lado de la frente; cuando el ojo izquierdo recibe más luz que el ojo derecho, la larva comienza a girar hacia la derecha hasta que logra igualar la cantidad de luz recibida por ambos ojos. Esta regla asegura que inevitablemente termine lejos de la luz. Si siguiera la regla opuesta y para balancear la luminosidad se moviera hacia el ojo estimulado, -- terminaría por dirigirse a la luz. La comparación simultánea entre izquierda y derecha hace de cada movimiento un ejemplo de tropotaxia (la raiz tropo significa girar).

Las taxias producen orientación y movimiento hacia o lejos de algo que es importante para sobrevivir, como la comida, la luz, o el calor. Esto significa que, cuando funcionan adecuadamente, producen ---- orientación y movimiento. Una klinotaxia puede ser saboteada vinculando el estímulo con una dirección particular de movimiento, como se hizo con la larva de la mosca en el experimento descrito anteriormente. Para sabotear una tropotaxia sólo se necesita obstruir uno de los receptores; una larva de polilla con un solo ojo girará en círculos en - su esfuerzo por balancear la luz sobre su ojo.

Una característica de estas taxias es que sólo funcionan bien en un rango estrecho de situaciones. Imagine, por ejemplo, lo que sucedería si en lugar de enfrentarse a una luz, la criatura se enfrentara a varias luces, de modo que un movimiento hacia o lejos de cualquiera de ellas implicaría una inadecuada orientación con respecto a las otras.- Como el burro proverbial que se desgarra entre dos fardos de heno, los animales con klino o tropo-taxia se enfrentas a dos (o más) luces tratando de responder a todas al mismo tiempo. Si una criatura tiende a - evitar la luz, se mueve alejándose de la dirección promedio del par de luces, adecuadamente sopesado oor las intensidades de la luz, con lo - que la luz más brillante es la que tiene mayor control de la trayectoria seguida. Aunque ésto pueda parecer razonable, no lo es tanto cuando la respuesta natural es acercarse a la luz, en ese caso, la solución mencionada produciría patrones curvos entre las luces, similares al movimiento de un fragmento de hierro en el campo generado por más -

de un imán. Eventualmente, tanto el hierro como la criatura llegarán a una u otra fuente de estimulación, pero dicho logro se ve menoscabado por la trayectoria indirecta y los ocasionales fracasos para encontrar la fuente de estimulación más poderosa.

TELOTAXIA.

Existe un pequeño crustáceo acuático (Heminysis larmonei), empa-rentado con la cochinilla de la tierra, que muestra una vigorosa res-puesta natatoria hacia la luz (Fraenkel y Gunn, 1940). Si se dirige un rayo de luz al estanque en que se encuentra nadando un grupo de estos crustáceos, se desplazarán a lo largo del eje del rayo de luz, reuni-dos en un cilindro compacto. Algún tipo de taxia los guía, primero ha-cia la luz, luego lejos de ella, etc: suponga ahora que se enciende -- una segunda luz en ángulo recto a la primera, si el nado hubiera sido guiado por una klino o una tropotaxia, la criatura trazaría arcos cur-vos para balancear las luces. En lugar de ello, algunas criaturas con-tinúan nadando hacia atrás y hacia adelante a lo largo de la luz origi nal, mientras que otras pasan a la nueva luz ignorando la primera. Los animales se mueven en dos corrientes independientes, nadando en ángulo recto a la otra corriente, aparentemente sin apreciar los estímulos -- que rigen el flujo de la otra corriente. De manera individual, las --- criaturas pasan de manera más o menos abrupta de una corriente a otra, sin que se aprecie duda o incertidumbre. A este tipo de movimiento di-rigido, en que los estímulos no son simplemente balanceados, se le de-nomina TELOTAXIA, de la raiz "fin" o "destino".

Un rasgo distintivo de las telotaxias es que el bloqueo de un re-ceptor ocasiona poca o ninguna rotación. Por ejemplo, una abeja a la - que se cega un ojo, al principio tiende a virar en dirección de su ojo sano, como si tratara de aproximarse a la fuente de luz, pero paulati-namente fortalecerá su trayectoria como se muestra en la figura 5 --- (Fraenkel y Gunn, 1940). Un animal con una mera tropotaxia sería inca-paz de semejante ajuste, la abeja por su parte, con su respuesta telo-táxica a la luz puede compensar los cambios en sus receptores de la -- misma manera en que compensa la confusión de estimulación que tiene lu gar si el experimentador la enfrenta a un par de luces. Si a una abeja

colocada en un cuarto oscuro se le presentan dos luces, se encaminará directamente a una u otra luz, usualmente la más brillante, sin mos--- trar la trayectoria arqueada asociada con la klino o la tropotaxia.

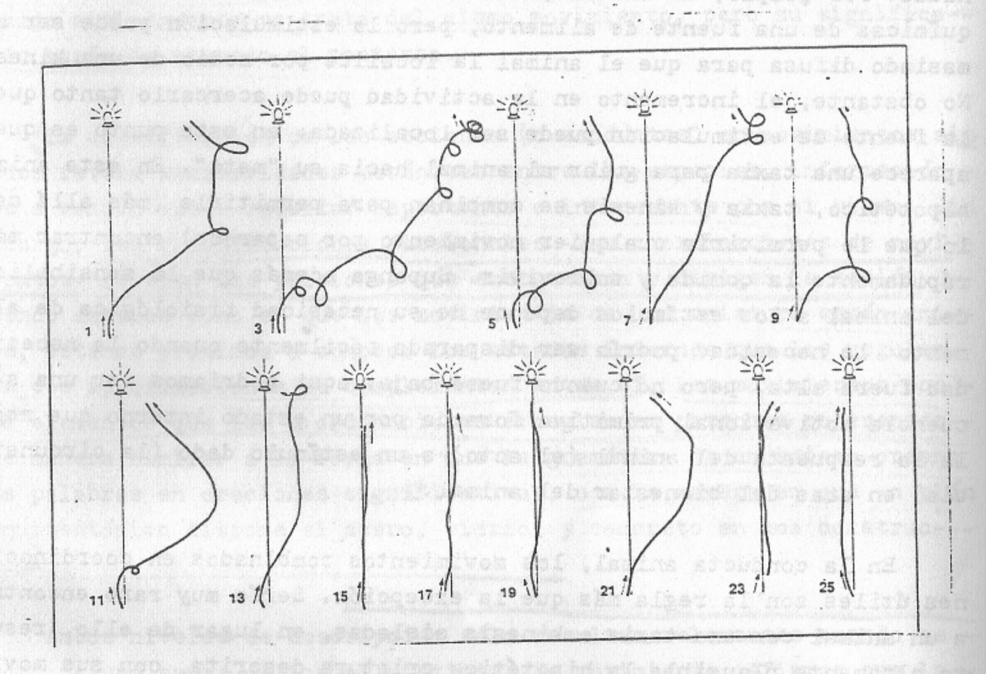


Figura 5. Una abeja a la que se cegó su ojo izquierdo tiene pro-blemas para aproximarse a la luz, como muestran los trazos de su camino en los primeros ensayos. Se desvía a la derecha al inter-pretar erróneamente a la oscuridad de la izquierda como oscuri-- dad del ambiente, e incluso traza rizos ocasionales como lo ha-- ría un animal con una tropotaxia y un ojo cegado. Sin embargo, - los últimos trazos de la abeja demuestran que su movimiento es - telotáxico, ya que eventualmente la criatura logra compensar la oscuridad del lado izquierdo y casi siempre se encamina a la luz (Tomado de Minnich, 1919, en Fraenkel y Gunn, 1940)

La telotaxia representa un avance crucial sobre los otros movi-- mientos forzados, ya que la criatura telotáxica es capaz -por primera vez en la escala evolutiva- de ajustarse a las circunstancias y alcan-zar su meta de manera directa. La criatura parece estar efectivamente guiada por una meta o propósito, esto es asi porque las respuestas te-lotáxicas están más claramente dirigidas hacia algunos estímulos exter nos.

COORDINACIONES Y PULSIONES.

En la mayoría de las criaturas, taxias y kinesis aparecen coordinadas. Por jemplo, un animal puede ser activado por las emanaciones --químicas de una fuente de alimento, pero la estimulación puede ser demasiado difusa para que el animal la localice por medio de una kinesis. No obstante, el incremento en la actividad puede acercarlo tanto que - la fuente de estimulación puede ser localizada; en este punto es que - aparece una taxia para guiar al animal hacia su "meta". En este animal hipotético, taxia y kinesis se combinan para permitirle (más allá de - lo que le permitiría cualquier movimiento por separado) encontrar más rápidamente la comida y sobrevivir. Suponga además que la sensibilidad del animal a los estímulos depende de su necesidad fisiológica de alimento: la necesidad podría ser disparada fácilmente cuando la necesi--dad fuera alta, pero no cuando fuese baja; aquí podríamos ver una se--cuencia motivacional primitiva formada por un estado interno que regula la respuesta del animal (el acto) a un estímulo dado (la circunstancia) en aras del bienestar del animal.

En la conducta animal, los movimientos combinados en coordinaciones útiles son la regla más que la excepción. Sería muy raro encontrar a un animal con una taxia o kinesis aisladas, en lugar de ello, resulta altamente plausible la hipotética criatura descrita, con sus movi--mientos forzados y sus respectivos estímulos entrelazados para cumplir un propósito vital. Desde el punto de vista del animal, clasificar sus acciones en relación con propósitos vitales como alimento, temperatura, humedad, reproducción, etc, parece más natural que el recuento estrictamente descriptivo de kinesis, taxias, y otras conexiones fijas entre estímulos y respuestas. Ambas descripciones parecen antagonizar, la --clasificación funcional de propositos parece alejarse del análisis objetivo de movimientos aqui ofrecido. Por ejemplo, en un evento propositivo -como la alimentación- pueden participar muchos movimientos diferentes y sus estímulos. Una taxia sobrepuesta a una kinesis podría llevar al animal al lugar correcto en el momento correcto, y ser seguida por los reflejos de alcanzar la comida, llevarla a la boca, masticarla, engullirla, y de algunos otros fragmentos de conducta relacionados con la comida. Si bien "comer" no se refiere a un elemento simple, la palabra describe algo real y significativo acerca de la secuencia de movimientos, lo que describe es la coordinación de los movimientos alrededor de una meta o propósito, dando a cada movimiento un significado -- particular. El significado de un movimiento dado -un aleteo o volver la cabeza- puede cambiar de acuerdo a varias coordinaciones diferentes, tomado aisladamente se trata del mismo movimiento, pero su significación varía de acuerdo al contexto.

La clasificación de las acciones (o conductas) en movimientos aislados revela similaridades mecánicas entre las especies, información - que a menudo puede resultar importante e interesante por si misma. Sin embargo, las clasificaciones funcionales -las coordinaciones de movi--mientos- revelan las pulsiones que energetizan y dirigen la acción. -- Cuando sabemos cómo es que los movimientos de una criatura están uni--dos, estamos próximos a conocer los estados internos que los regulan. Las dos aproximaciones se complementan entre sí, los movimientos son - los elementos que las coordinaciones arreglan en patrones coherentes - -de manera similar a la forma en que la gramática de un idioma ordena las palabras en oraciones significativas, o a la manera en que un plán arquitectónico dispone el acero, vidrio, y concreto en una construc---ción.

Ambos niveles de descripción sólo resultan relevantes cuando se - coordina una serie de formas distintas de movimiento. Afirmar que la - cochinilla de la tierra tiene la pulsión de habitar debajo de las ro--cas añadiría muy poco a nuestra comprensión de su conducta si la única respuesta involucrada en dicha pulsión fuera la ortokinesis descrita - anteriormente. Sin embargo, como la cochinilla posee muchos movimientos forzados que lo llevan a la humedad, a la oscuridad, y a moradas frias y confinadas, podemos sentirnos más inclinados a hablar acerca de su - propósito o meta. En el siguiente capítulo mostraremos que un ingre---diente adicional de la motivación es la capacidad para aprender nuevas respuestas en relación a un propósito -capacidad de la que probablemente carece la cochinilla de la tierra.

EL INSTINTO.

El estudio de los movimientos coordinados de los animales corresponde al estudio de los instintos, aunque el término suele reservarse para sujetos infrahumanos y para la conducta de forma relativamente estereotipada. En cualquier caso, el tema recurrente es la investigación de los propósitos o metas en torno a los cuales se coordinan los movimientos, así como la explicación de éstos mismos. Tanto los movimientos como las coordinaciones pueden ser innatos, aprendidos, o una mezcla de ambos. Para que una coordinación se considere instintiva debe tener algun elemento central innato, aunque en ocasiones dicho elemento puede ser difícil de identificar, este problema sera tratado mas ampliamente al discutir la motivación humana. A medida que avanzamos de los animales primitivos a los más desarrollados encontramos una progresión rudimentaria que va de los movimientos aislados a los coordinados, y de éstos a configuraciones aprendidas de respuestas innatas o aprendidas. Los ejemplos que se presentan en este capítulo mostrarán que esa progresión es sólo aproximada y que muchas criaturas -incluyendo al hombre- encierran en si mismos algo de primitivo y algo de desarrollo.

LA ALIMENTACION DE LA MOSCA.

Vincent Dethier y sus colaboradores (ver referencias de Dethier y Gelperin) han aclarado la intrincada coordinación de respuestas innatas que ayudan a la mosca en su búsqueda de azúcar. Son tan pocas las secuencias conductuales -de cualquier criatura- aclaradas por la ciencia, que la historia de la mosca puede enseñarnos -de una manera que difícilmente aprenderíamos en otro lugar- la forma en que la naturaleza coordina y conjunta la conducta.

Si la mosca tiene el estómago vacío, y la temperatura e iluminación son adecuados, empieza un vuelo azaroso que aparentemente no tiene relación con su campo de acción inmediato. El patrón de vuelo puede estar regulado por varias kinesis basadas en la temperatura, la intensidad de la luz, la hora del día, para no mencionar factores internos como la privación alimenticia. En algún punto la mosca encuentra en el aire el olor de azúcares fermentados, repentínamente, una taxia confiere direccionalidad a su vuelo. La mosca se aproxima a los azúcares, y eventualmente puede posarse sobre una hoja cubierta del rocío enmielado secretado por algún áfido.

Las patas de la mosca están equipadas con pelos que contienen receptores gustativos sensibles al azúcar (entre otras substancias necesarias). En consecuencia, cuando el animal se posa en un lugar almibarado los receptores señalan su detección al sistema nervioso central, lo que ocasiona un desenrollamiento reflejo de la proboscis, una estructura delgada al frente de la cabeza que le permite ingerir el alimento. La punta de la proboscis tiene más pelos sensoriales, que al ser estimulados por el azúcar abren de manera refleja el conducto hacia el estómago. En ese momento, la mosca comienza a succionar la solución azucarada. La fuerza de la succión depende de la melosidad, que a su vez depende de la concentración de azúcar en la solución. No obstante, los receptores del azúcar -al igual que muchos otros receptores sensoriales- van perdiendo su sensibilidad conforme se adaptan, al irse adaptando la sensibilidad al azúcar se decrementa y la tasa de succión disminuye. Eventualmente los receptores llegan a adaptarse tanto que la sensibilidad al azúcar cae por debajo de un valor crítico, en cuyo caso la succión cesa y la proboscis se enrolla de nuevo, en ese momento la mosca puede volar alejándose del azúcar. Sin embargo, en cuanto la alimentación termina por la adaptación, los receptores empiezan a recuperar su sensibilidad. Cuando la sensibilidad aumenta por encima del valor crítico la proboscis puede reanudar la succión de soluciones azucaradas, empezando de nuevo el proceso de adaptación.

Si esto fuera todo lo relativo a su alimentación, la mosca pasaría rápidamente de un ciclo a otro entre comer y dejar de hacerlo, controlada unicamente por el estado momentáneo de sus receptores gustativos. En realidad, los episodios sucesivos de alimentación son cada vez mas breves, hasta que la proboscis dificilmente se desenrolla, eventualmente la alimentacion cesa por completo durante algun tiempo. El sentido común nos diría que la mosca ha comido suficiente para satisfacer su hambre.

Pero, aunque el sentido común pueda ser correcto, no nos dice cómo es que el hambre se traduce en control de la alimentacion. Esta in-

formación tendremos que buscarla dentro del mismo animal. Además de su aparato digestivo común la mosca posee un segundo conducto sin salida, -el recolector- que almacena alimento mientras la mosca come. Después de cada alimento, una cadena coordinada de reflejos transfiere la comida del recolector al intestino principal. Este sistema es toda una historia que no podemos contar sin notar que la transferencia de alimento es mucho más rápida cuando el recolector está lleno y el nivel de nutrientes disueltos en la sangre es bajo. Sin embargo, un eslabón de esta cadena es crucial porque es el que controla más directamente la alimentación. Anteriormente hicimos notar que la mosca solamente come sí la substancia es lo suficientemente dulce, y que esta dulzura depende de la concentración de azúcar en la solución y del nivel de adaptación de los receptores. Los experimentadores también han demostrado que el criterio mismo de melosidad depende de la actividad del "recolector": entre más rápida sea su transferencia de comida al intestino, más dulce tiene que ser la substancia para que provoque su ingestión. Cuando la mosca ha comido demasiado y la tasa de transferencia ha llegado al máximo, el animal responde sólo a concentraciones tan altas que, físicamente resulta imposible que encuentre un alimento que cumpla ese requisito de melosidad; en ese momento la alimentación termina. A medida que la actividad del recolector diminuye también se decrementa el criterio de melosidad; al principio sólo se aceptan los alimentos más dulces (que en la naturaleza suelen ser los más nutritivos), pero después, si el recolector está vacío, se aceptan aún los alimentos menos dulces.

Conforme pasa el tiempo, la mosca -al igual que los humanos- va disminuyendo su nivel de exigencia respecto a los alimentos. La tasa de transferencia del recolector al intestino le sirve como un reloj que le marca el tiempo transcurrido desde su último alimento. Lo extraño es que después de un alimento reciente, cuando el nivel de azúcar en la sangre es alto y el recolector ha dejado de transferir alimento al intestino, la mosca sale en busca de alimento, exactamente lo opuesto de lo que se hubiera pensado. Pero todo es cuestión de tiempo, durante varias horas el alimento pasa lentamente del recolector al intestino, la mosca no puede esperar a que disminuya el nivel de azúcar en la sangre ya que no puede darse el lujo de actuar con hambre retrasada. Necesita empezar a proveerse de comida cuando su recolector está vacío

y el nivel de azúcar en su sangre es alto, pues entonces tiene la energía para buscarlo y el espacio para almacenarlo, y esta es la forma en que se coordinan sus movimientos forzados.

Las relaciones entre adaptación sensorial, concentración de azúcar, reflejo de succión, nivel de azúcar en la sangre, y el estado del intestino, forman un sistema ingeniosamente eficiente. La ingestión del alimento depende de su concentración de azúcar, entre más dulce sea más rápida sera la succión. No obstante, mientras la mosca come, la adaptación sensorial reduce la efectividad de cualquier concentración física, dando como resultado una saciedad temporal. La alimentación de la mosca termina cuando la intensidad efectiva cae por debajo del valor crítico. Sin embargo, entre más alta sea la concentración inicial más tiempo le lleva caer a este nivel, por lo que la mosca come más de una fuente rica en nutrientes que de una pobre. En cualquier caso, la alimentación termina eventualmente como resultado de la adaptación. Mientras tanto, la presencia de alimento en el recolector inicia su transferencia al intestino, lo que puede elevar el valor crítico de la melosidad y terminar el episodio de alimentación. La cabeza decapitada de una mosca extiende la proboscis y succiona controlada solamente por la estimulación del pelo sensorial, ya que su contacto neurológico con el resto del sistema ha terminado. Puede lograrse el mismo efecto al seccionar el nervio que informa a la cabeza de la actividad del recolector. Los experimentos muestran la forma en que los reflejos de la alimentación coordinan eventos dentro y alrededor de la mosca.

Aún el simple diente goloso de una insignificante mosca es más complejo que la explicación que pudiéramos dar de él. No obstante, se ha incluído material suficiente para dilucidar algunos puntos importantes acerca de la motivación y el instinto.

ADAPTACION A TRAVES DE REGULADORES.

Si bien la alimentación de la mosca es refleja e innata, también es adaptativa toda vez que le proporciona los nutrientes requeridos en en momento adecuado. Para asegurarse de ello, los experimentadores pue

den sabotear su sistema. Las moscas (como los humanos) no pueden distinguir el azúcar real de los azúcares no nutritivos (como la sacarina), por lo que pueden consumir estos últimos hasta saciarse y dejar de comer de acuerdo al ciclo descrito. De suceder ésto, podrían morir de inanición por la carencia de nutrientes. Afortunadamente para la mosca, en su habitat natural los azúcares artificiales son poco comunes. Lo primero que debe notarse respecto a los sistemas motivacionales es que son adaptativos en y para su ambiente natural, que en el caso de la mosca no suele contener sacarina.

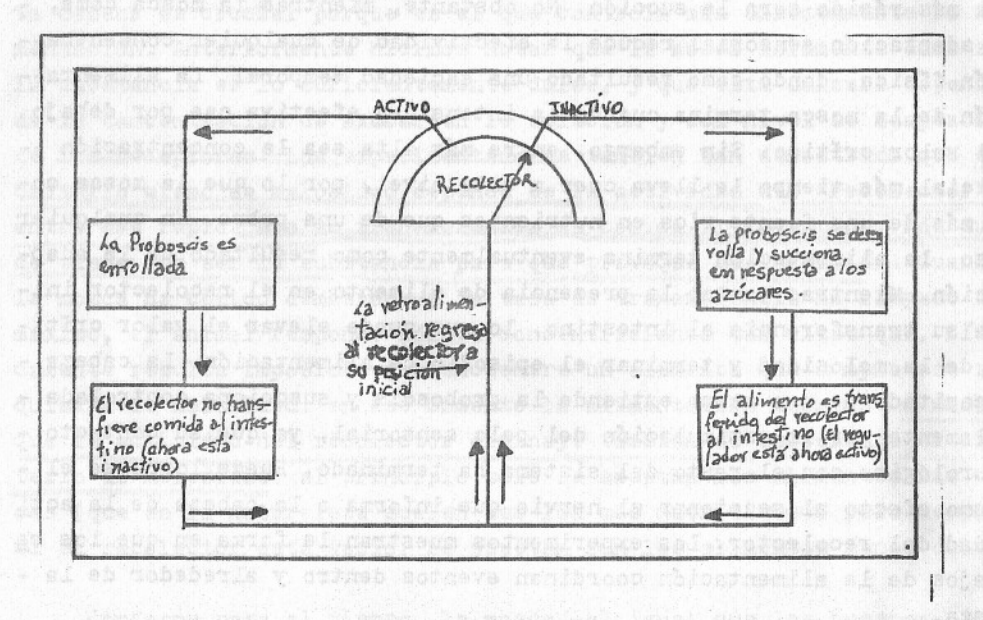


Figura 6. La alimentación de la mosca depende de la actividad de su recolector. Cuando el recolector está inactivo, una solución dulce estimula la ingestión, lo que eventualmente llena el recolector. Cuando está suficientemente lleno, el recolector se activa y la alimentación termina. Al recolector le lleva cierto tiempo acabar de transferir el alimento al intestino principal, pero al lograrlo, nuevamente queda inactivo el recolector y el ciclo puede empezar de nuevo.

Desde el punto de vista evolutivo, la mosca come porque necesita hacerlo para sobrevivir, Pero este no es el punto de vista de la mosca que come cuando su aparato recolector no está pasando alimento al intestino principal y hay alguna cosa dulce a su alcance. Esta es la clave para que la mosca consuma azúcares.

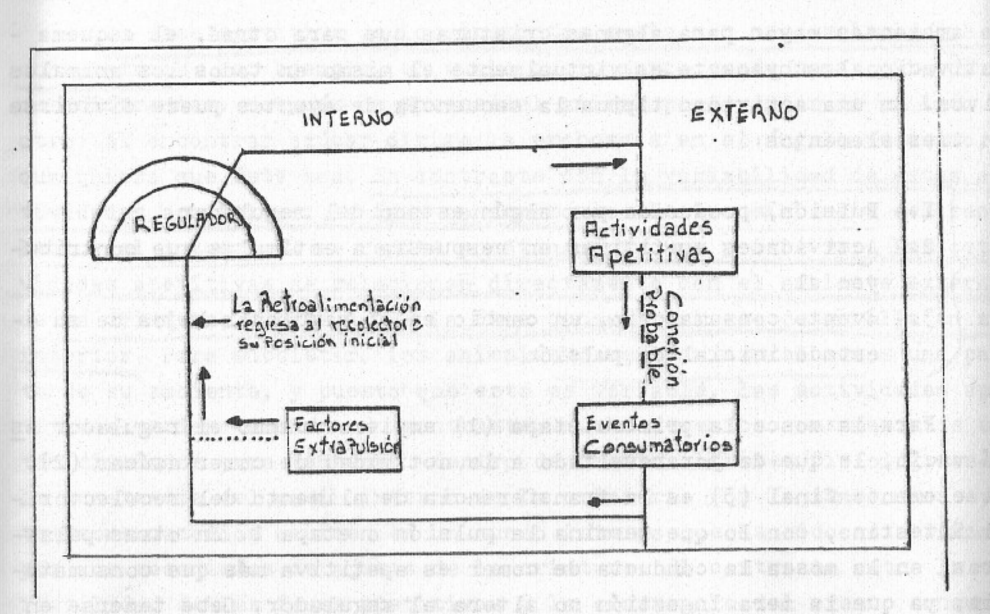


Figura 7. La motivación involucra tres elementos: un cambio del regulador hacia la región que conduce a las actividades apetitivas, que pueden involucrar el ambiente interno o externo del organismo. Estas actividades sólo ocurrirán si el regulador se encuentra en su nivel crítico. Es probable que las actividades apetitivas conduzcan a los eventos consumatorios, a los que define su capacidad para regresar al regulador a su posición inicial y terminar el episodio. El regulador también puede ser influenciado por factores que no tienen una relación esencial con la pulsión. Por ejemplo, la pulsión por calor -- puede ser terminada por la súbita llegada de la cálida luz del sol antes de que la friolenta criatura pudiera hacer algo para terminar el frío.

Otras criaturas tienen otras claves -temperatura corporal, depósitos de grasa en el cuerpo, etc. Algunos mecanismos pueden parecer más directos, más adaptables, o incluso más racionales, pero todos tienen los mismos elementos. En cada caso un regulador interno rige la conducta de modo que el animal pueda cumplir los requisitos que le permitan sobrevivir en cierto ambiente. En la historia evolutiva los reguladores son seleccionados porque funcionan y no porque parezcan racionales o directos. Es evidente que el funcionamiento del esquema de la mosca (resumido en la figura 6) ha sido lo suficientemente adecuado para mantener con vida a la especie por milenios, lo que constituye la prueba única de la naturaleza. Aunque algunos reguladores permiten un rango -

de ambientes mayor para algunas criaturas que para otras, el esquema motivacional subyacente es virtualmente el mismo en todos los animales vivos. En una actividad típica la secuencia de eventos puede dividirse en tres elementos:

1.- Pulsión, producida por algún estado del regulador
2.- Actividades apetitivas en respuesta a estímulos que contribuyen al
3.- Evento consumatorio, un cambio en el regulador lejos de su estado inicial de pulsión.

Para la mosca la primera etapa (1) empieza cuando el regulador está vacío, lo que da por resultado a la actividad de comer azúcar (2). El elemento final (3) es la transferencia de alimento del recolector al intestino, con lo que termina la pulsión o etapa 1. En otras palabras, en la mosca la conducta de comer es apetitiva más que consumatoria, ya que la mera ingestión no altera al regulador. Debe tenerse en cuenta que el verbo es "consumar" no consumir, lo que sugiere comer. En la mosca la pulsión por el azúcar es principalmente un estado del recolector, la pulsión se consuma sólo cuando el alimento empieza a pasar del recolector a la parte anterior del intestino, cuando el animal ha terminado de comer.

Por lo general, las actividades apetitivas suelen conducir al evento consumatorio, en conjunto con el cual satisfacen las necesidades de la especie que, de otro modo, habría sido ya eliminada por algún competidor mejor adaptado. Indudablemente, los requisitos de sobrevivencia -es decir, el éxito reproductivo en el tiempo evolutivo- cambian a medida que se modifican las circunstancias de la especie, por lo que es incorrecto asumir que un instinto es adaptativo en cualquier momento, o que la especie posee todos los instintos necesarios para cumplir sus propósitos. En general, lo más que puede decirse es que la conducta de los individuos es moldeada por los requerimientos de su especie, los cuales con frecuencia -aunque no siempre- son también las condiciones requeridas para la supervivencia individual.

La fase apetitiva de los instintos suele ser más variable que la consumatoria. Por ejemplo, el vuelo de la mosca puede tomar direcciones diferentes; después de posarse el animal puede andar de un lado a otro; al encontrar azúcar dirige la proboscis en el ángulo adecuado, cualquiera que éste sea. En contraste con la variabilidad de estas actividades apetitivas, la fase consumatoria -la transferencia del recolector al intestino- se repite monótonamente una y otra vez. Las actividades apetitivas se relacionan directamente con el ambiente externo de la criatura, mientras que la fase consumatoria se desarrolla en su interior. Para subsistir, los animales deben dominar al menos una parte de su ambiente, y puesto que este es variable, las actividades apetitivas varían también. En contraste, muchos eventos consumatorios están diseñados para mantener -dentro de ciertos límites fisiológicos- la constancia del medio interno de la criatura. Por lo tanto, los eventos consumatorios ocurren en un mundo interno que ha sido estabilizado por los mecanismos de ajuste de la criatura. El contraste entre la variabilidad de las fases apetitivas y la constancia del evento consumatorio puede verse claramente incluso durante la alimentación de la mosca, que aparentemente sólo es innata y refleja. El contraste es mas considerable en animales superiores que pueden aprender variaciones infinitas respecto a sus secuencias apetitivas.

La figura 7 es un dibujo altamente esquematico de los aspectos esenciales del instinto. Obviamente la naturaleza no usa medidores con el dial roto en zonas claramente separadas. Como la realidad carece de la agudeza implícita en la analogía, esto supone que los organismos pueden ser un tanto impredecibles; aún cuando sus reguladores rigieran toda su conducta, todavía podrían sorprendernos ya que nos sería imposible seguir el paso de todos los reguladores a la vez.

En ocasiones la fase apetitiva puede decaer espontáneamente, sin llevar a la consumación. Esto puede deberse a una variación en el valor crítico del regulador. Por ejemplo, si experimenta algunos cambios internos, la criatura puede salir de un estado de excitación sexual o de pulsión maternal, o territorial, sin satisfacerlos. En el diagrama se clasifica como "factores extrapulsión" a estas otras influencias ejercidas sobre el regulador. Un valor crítico excesivamente alto, por

encima del cual el regulador nunca asciende, dejaría inactiva de manera indefinida a la conducta apetitiva potencial. En efecto, las criaturas pueden poseer pulsiones que nunca utilizan; si el ambiente al que enfrentaron sus ancestros fuera distinto al actual, los instintos no utilizados podrían perdurar de la manera en que lo hacen los apéndices que no usamos.

Los reguladores pueden advertir o no nuestras necesidades fisiológicas. Aunque es evidente que la mosca necesita comer para vivir, la relación del regulador con la necesidad es sólo incidental. De hecho, la mosca suele buscar alimento precisamente cuando su necesidad real -medida por el nivel de azúcar en la sangre- es baja. Como se hizo notar antes, existen buenas razones biológicas para este curioso arreglo. El punto esencial es que la secuencia motivacional básica está autocontenida; en otras palabras, no puede garantizarse que las criaturas hagan -en lo individual- únicamente lo que les conviene, solamente existe la probabilidad de que sus acciones les permitan (al menos a algunas de ellas) sobrevivir el tiempo suficiente para reproducirse.

La mosca nos llama la atención no por alguna significancia fisiológica especial, sino porque la investigación ha puesto al descubierto las bases esenciales de una secuencia motivacional completa (incluyendo las fases apetitivas y consumatorias, y el regulador interno) o dicho en otras palabras, las respuestas instintivas y los impulsos internos. Otros ejemplos sugerirán la enorme diferencia en el modo de acción de las pulsiones animales; así como la importancia creciente del papel que en los animales superiores juega el aprendizaje en cada punto de la secuencia, complicando aun más las cosas. No obstante, a pesar de la enorme diversidad en los detalles, la conducta animal se conforma a un esquema notablemente simple y constante.

EL LENGUAJE DE LAS ABEJAS.

Entre los invertebrados, el primer ejemplo de conducta social lo brinda la abeja con su división altamente especializada del trabajo dentro de la colmena. Sin embargo, la complejidad de la vida del panal no se debe a la complejidad de las abejas individuales, sino a las interconexiones entre sus instintos. Tendemos a considerar que la conducta social es indicadorea de capacidades psicológicas superiores, pero es probable que en algunos aspectos la abeja no sea ni más adaptable, ni de mayor complejidad psicológica que la mosca. A pesar de ello, la colonia de abejas como un todo, se aproxima a la complejidad de la sociedad humana. Nos centraremos en una de sus instituciones sociales, el "lenguaje de las abejas", para ilustrar la forma en que respuestas simples pueden ensamblarse en una estructura de complejidad inesperada. Al mismo tiempo, comprobaremos que el paradigma motivacional básico no sólo puede dar cuenta de las necesidades aisladas ejemplificadas en el caso de la mosca, sino que también puede explicar la vida social.

Durante cientos, si no es que miles, de años se ha sabido que las abejas que viven en colonias de alguna manera se transmiten información suficiente sobre la localización de buenas fuentes de alimento, lo que puede demostrarse en un experimento muy sencillo (von Frisch, 1967). Imagine que en algún lugar del campo se encuentra una colmena de abejas; si el clima lo permite, muchas de ellas pasan sus días buscando entre las flores el dulce néctar y el polen rico en proteínas que componen su dieta. Imagine además que el experimento tiene lugar al final del verano, cuando sus incursiones van siendo tan poco fructíferas que las abejas forrageras no pueden permitirse el lujo de perder ninguna oportunidad de obtener alimento. Aproximadamente a 11 metros de la colmena, el experimentador coloca un recipiente de cristal lleno de agua endulzada sobre una mesa. Tarde o temprano alguna abeja encontrará la solución nutritiva y la beberá para luego regresar al panal; muy pronto, muchas abejas más llegarán también al recipiente, bebiendo su contenido. La primera abeja llegó ahí siguiendo la huella de varias señales y olores, de manera similar a la forma en que los insectos suelen explorar sus alrededores, pero es evidente que el resto de las abejas contó con ayuda adicional. La considerable diferencia entre el tiempo que a la primera abeja le tomó encontrar el azúcar

y la rapidez con que sus compañeras regresaron, demuestra que de alguna manera se transmitió un mensaje.

La posibilidad más simple es que la primera abeja llevara consigo algún tipo de estímulo -tal vez un olor- que atrae a sus compañeras, por lo que tienden a seguirla cuando regresa a la fuente del néctar. Esta fué, en efecto, una de las teorías más comunes hasta que von Frisch construyó una colmena de cristal que le permitió observar lo que sucedía al regreso de la forragera. A su retorno, ésta se acercaba a alguna de las abejas que estaban en el panal y le ofrecía una gota de la solución regurgitada de su "estómago de miel" -la parte superior de su tracto digestivo donde almacena la comida que habrá de distribuir en el panal. Las abejas obreras (las hembras estériles que hacen casi todo el trabajo de la colonia) ingieren más néctar del que necesitan para sobrevivir, ya que un elemento de su estructura psicológica es el compartir el excedente con sus compañeras, algunas de las cuales no forragean en ciertos momentos de sus vidas, por lo que dependen de esta generosidad innata. En el lapso de un minuto, la forragera suele desprenderse de lo que llevaba para compartir mientras las abejas cercanas a ella toman lo que regurgita. A su vez, estas receptoras distribuyen la comida entre otras abejas, o la almacenan en las células del panal (cuya construcción y manejo constituyen otra historia de interacción de instintos).

La Danza Circular.

Habiendo distribuído adecuadamente sus bienes, la abeja forragera inicia un patrón de movimientos estereotipados que von Frisch denominó danza circular. La abeja corre en un pequeño círculo cuyo diámetro es de aproximadamente dos o tres células del panal, generalmente da un par de vueltas en una dirección para luego cambiar súbitamente La danza puede durar de un segundo a varios minutos; en ocasiones, la abeja "baila" por un rato, deja de hacerlo, pasa a otra parte del panal donde distribuye un poco más de néctar, y reanuda la danza para una nueva audiencia. Y "audiencia" es el término correcto porque sin espectadores no hay danza; las espectadoras atienden activamente, tocando con sus antenas a la danzante y, a menudo, siguiendo sus pasos. En cada ocasión el "espectáculo" es visto por grupos de dos a seis espectadoras.

Eventualmente la forragera deja de danzar y, si aun es de día, regresa al recipiente de cristal, donde se encontrará con algunas de las abejas para las que bailó, ya que estas al poco tiempo dejaron de atender su danza para salir en busca de comida. Al salir del panal las abejas lo hacen volando en todas direcciones, pero pronto rinde fruto su búsqueda en las cercanías de la colmena. Como las expectadoras salen del panal antes que la danzante, y como suelen volar por separado, es evidente que la danza debe llevar algún mensaje.

Al variar la melosidad de la solución ofrecida en la estación de alimentación podemos obtener una clave sobre la naturaleza del mensaje. Con concentraciones bajas las forrageras no se toman la molestia de danzar a su regreso al panal. Entre mayor sea la concentración mayor es la probabilidad de que la forragera baile. Más aun, a medida que se incrementa la concentración de azúcar, también aumentan la duración y animación de la danza. Las danzas prolongadas suelen ser ejecutadas por forrageras que realmente tiemblan de excitación. Por último, entre mayor sea la concentración de azúcar mayor será el número de abejas encontradas al poco tiempo en la estación de alimentación.

Si se trata de una fuente rica en nutrientes, y si las reservas del panal han mermado, el mensaje llega rápidamente a la colonia. Nuevas abejas son reclutadas para acudir a la fuente de alimento, y a su vez, éstas reclutan a otras al regresar. En la medida en que la fuente se mantiene y que la demanda persista, el proceso continúa hasta que todas se ven involucradas. En este punto las danzarinas potenciales no logran obtener la audiencia necesaria; una abeja que sabe acerca de una buena fuente alimenticia no se molestará en observar una danza, y una bailarina no danzará si no tiene observadores. Gracias a este arreglo ingenioso, la danza sólo es ejecutada mientras quede alguna abeja que pueda beneficiarse de ella y no más.

A algunos podría sorprender la idea de que la danza es superflua, algunos podrían preguntarse si la regurgitación de la miel no constituye en si misma el mensaje, ¿qué es lo que aporta la danza? En este punto la naturaleza demuestra nuevamente ser más ingeniosa de lo que-

parece a simple vista. La calidad de las fuentes de alimento puede fluctuar de pobre a excelente, y las abejas se concentrarán en las mejores fuentes de que dispongan. Sin embargo, si la mejor fuente disponible es pobre, las abejas pueden comer pero no bailar. En otras palabras, el criterio para bailar está por encima del criterio para comer mientras tanto, las reclutas potenciales esperan una danza y no sólo a una abeja que regresa con algo en su intestino. Al ubicar al umbral para la danza por encima del umbral para el forrageo individual, la naturaleza establece un sesgo a favor de las mejores fuentes de alimento. La fuente más pobre no es agotada ya que la abeja permanece en ella hasta que aparece algo mejor, mientras tanto, guarda para sí las malas noticias.

Las flores cuyo néctar es rico en azúcar suelen tener un olor, por lo que el cuerpo de las abejas queda impregnado al entrar en contacto con los aceites fragantes; von Frisch demostró que el olor de la danzante es una parte importante del mensaje; en un experimento alimentó a un grupo de abejas en una fuente de cicláminos a las que agregó algunas gotas de agua dulce. Las abejas impregnadas con el olor de los ciclaminos regresaron al panal donde ejecutaron su danza. Poco después el resto de las abejas empezó a dirigirse a las macetas de ciclaminos que von Frisch había colocado alrededor, pero no a las macetas de flores de flox que también estaban disponibles. En la siguiente etapa del experimento, von Frisch reemplazó a los ciclaminos con flores de flox a las que agregó el agua dulce, al hacerlo observó que abejas recién reclutadas empezaban a llegar a las flores de flox. Parece ser que lo que se comunica es el olor de la flor, ya que incluso una gota de esencia de pimienta en agua dulce es suficiente para llevar a las abejas reclutadas al olor de la pimienta, aunque pasen de largo platos con agua dulce aromatizada con otras esencias.

La danza circular sería de poca ayuda si no fuera complementada por el olor de las flores y por la capacidad de la abeja para aprender. La mayoría de las colmenas está rodeada por un denso manto de vegetación, por lo que la mera información de que en algún lugar espera la comida sería de poca utilidad. Es indudable que las abejas llegan a aprender la localización de las diversas flores en su vecindario, por lo que saben a donde dirigirse cuando una danzarina ejecuta su baile impregnada con esencia de, digamos, flores de acacia. Un poquito de redundancia ayuda a guiarlas. Cada abeja tiene un órgano aromático que en ciertas ocasiones puede emitir un olor, en la mayor parte de los insectos estos órganos se dedican a hacer a las hembras sexualmente atractivas. Sin embargo, en las abejas obreras sexualmente inactivas el órgano aromático ha sido adaptado a la tarea importantísima de encontrar comida, ya que el atractivo sexual es la última cosa que buscan. Después de una vigorosa danza, que señala una rica fuente de comida, la obrera regresa a su hallazgo y deja en el aire la substancia olorosa de su órgano aromático; al hacerlo crea un halo fragante en varios metros alrededor que sirve como señal para las abejas que forragean en el área. Cuando la fuente alimenticia es pobre, no hay danza ni señal olorosa.

Aun con todas estas ayudas la danza circular sirve sólo para distancias relativamente cortas del panal, ya que no contiene señales de dirección o distancia. El área que debe ser cubierta para descubrir la fuente anunciada en una danza circular se eleva rápidamente a medida que aumenta la distancia de la fuente (de hecho, se eleva con el cuadrado de la distancia). El área de un círculo inscrito por un radio de 10 yardas alrededor del panal es de más de 300 yardas cuadradas; con un radio de 100 yardas el área se eleva a más de 30,000 yardas cuadradas, un territorio extremadamente grande para ser supervisado por una criatura con un tamaño de apenas media pulgada. Las abejas Carniolan de von Frisch (sus sujetos favoritos) son conocidas por aventurarse a distancias de seis millas, y aun más cuando las áreas de forrageo cercanas son pobres; y correspondió a von Frisch descubrir que para distancias mayores de 50 a 100 yardas, la danza toma un patrón diferente que comunica información acerca de la dirección y la distancia de la fuente de alimento. Este descubrimiento constituye uno de los principales triunfos empíricos de la biología conductual.

La Danza de Movimiento de Cola.

A medida que se incrementa la distancia entre el panal y la fuente alimenticia, la danza circular se entrelaza gradualmente en lo que von Frisch denominó danza de movimiento de cola, la cual se muestra en la figura 8 para dos especies de abejas, posteriormente discutiremos la diferencia entre ambas danzas. En cualquier danza, con distancias intermedias la danza circular adopta la figura de un ocho que --

descansa sobre un costado -para una especie la forma es simétrica mientras que para la otra es aplanada, como una hoz. Al aumentar la distancia ambos bucles llegan a crear una figura con forma de un durazno con una clara división al centro. El "movimiento de cola" proviene de las rápidas oscilaciones de la abeja al ejecutar la división central; al hacerlo también produce un zumbido utilizando los músculos que mueven sus alas, aunque no lo suficiente para despegar. Como demuestra la figura 9, la danza del movimiento de cola -al igual que la danza circular- es ejecutada para una audiencia que la sigue con cuidado, tocando a la danzarina con las antenas y registrando las cosas de interés.

Posiblemente la prueba más apremiante de que las abejas están en comunicación surge en el momento que una espectadora emite un chillido breve y súbito. La danzarina se detiene en respuesta al chillido, en ese momento la espectadora se aproxima y recibe una gota de miel de la danzarina. Resulta irresistible considerar al episodio como una petición de miel que es satisfecha de manera rápida y graciosa. En un experimento en que se reemplazó a la danzarina con un modelo móvil de la abeja, no hubo respuesta apropiada al chillido, en consecuencia, las espectadoras se abalanzaron sobre el modelo aguijoneándolo furiosamente por su infracción.

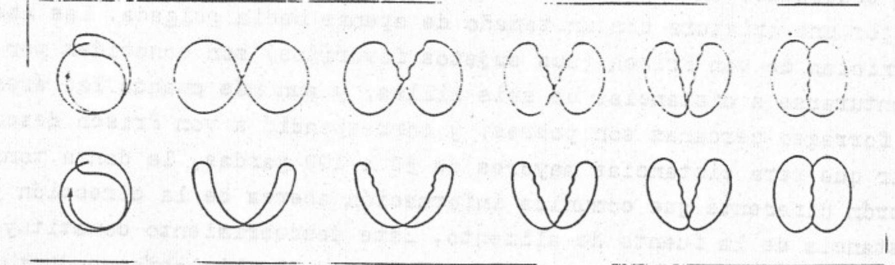


Figura 8.- Patrón adoptado por las abejas durante la transición de la danza circular (a la izquierda) a la danza del movimiento de cola (a la derecha). Cuando la comida se encuentra a una distancia corta de la colmena, la abeja utiliza la danza circular, cuando se encuentra a distancias largas, usa la danza del movimiento de cola. Cuando la comida se encuentra a distancias intermedias, la danza es de transición, algunas abejas usan un patrón y otras emplean el otro.

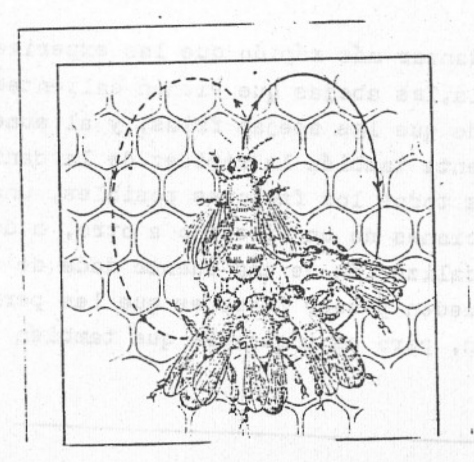
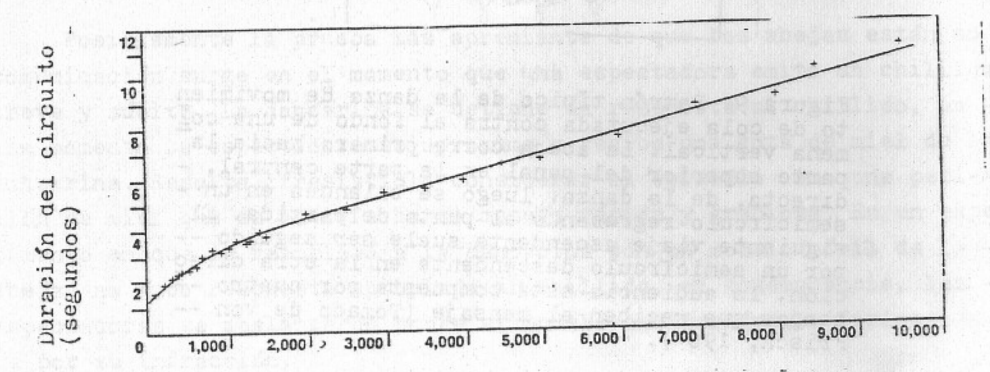


Figura 9. Patrón típico de la danza de movimiento de cola ejecutada contra el fondo de una colmena vertical. La abeja corre primero hacia la parte superior del panal en la parte central, directa, de la danza; luego se balancea en un semicírculo regresando al punto de partida. El siguiente viaje ascendente suele ser seguido por un semicírculo descendente en la otra dirección. La audiencia está compuesta por cuatro abejas que reciben el mensaje (Tomado de von Frisch, 1967).

La transición de la danza circular a la del movimiento de cola ocurre de manera gradual, dependiendo de la distancia de la fuente de comida, por lo que las etapas sucesivas de la transición mostradas en la figura 8 pueden significar distancias aproximadas. Aún después de que la transición se ha completado, cuando el alimento se encuentra a 100 o más yardas, en la danza permanecen señales para la distancia. Entre más lejana se encuentre la fuente de comida más lento será el paso de la danza, de modo que cada circuito lleva más tiempo (ver la figura 10).

De alguna manera, la abeja codifica la distancia que ha volado en el tiempo que dedica a una porción del circuito de la danza de movimiento de cola, pero existe mucha variabilidad. Abejas de panales diferentes, aún si son de la misma especie, muestran pequeñas diferencias en la longitud de sus movimientos para una distancia determinada -es como si hablaran distintos dialectos. E incluso dentro de un panal, las abe-

jas jóvenes tienden a danzar más rápido que las experimentadas para señalar la misma distancia,las abejas que vienen calientes de un medio caluroso danzan más rápido que las abejas frías, y al aumentar la temperatura de la colmena aumenta también la rapidez de la danza. Aun cuando - se mantengan constantes todos los factores posibles, una misma abeja -- muestra pequeñas variaciones de un circuito a otro, o de una danza a -- otra, al señalar la localización de una fuente dada de alimento. Las receptoras del mensaje pueden poseer factores que les permitan corregir - parte de esta confusión, pero es indudable que también aportan su parte de ambiguedad.



Distancia a la comida (en metros)

Figura 10. Relacion entre la duracion de un circuito de la danza y la distancia del panal a la comida. En varios experimentos,las abejas volaron casi 10 kilómetros 9seis millas). Cuando la comida se encuentra a distancias mayores de un kilómetro, la dura--- ción del circuito viene a ser casi una función lineal de la distancia; cambios iguales en la distancia producen cambios iguales en la duración. Por debajo de un kilómetro, la curva es combada, haciéndose más aguda al disminuir la distancia a la comida. Esta comba significa que la danza contiene la información más precisa acerca de la distancia cuando la comida está más cerca, pues es en las cercanías donde se realiza la mayor parte del forrageo. - (Tomado de von Frisch, 1967)

La abeja no sólo es imprecisa al reportar la distancia, también lo es al medirla. Las abejas que al dirigirse a la comida vuelan con el -- viento a la cabeza suelen reportar distancias mayores que las abejas -- que vuelan con vientos de cola, aunque en ambos casos la distancia li-- neal a la fuente de comida sea la misma. De manera similar, una abeja - que hace un vuelo ascendente hacia la fuente alimenticia reporta una -- distancia mayor que una que recorre la misma distancia pero en vuelo --

descendente. Ambos hallazgos sugieren que la abeja atiende al vuelo de ida, ignorando el vuelo de regreso; así, un viaje ascendente se reporta como más lejano que uno descendente, aunque el ascender de ida signifique que debe descenderse al regreso y viceversa. La mayor parte de la - evidencia señala que lo que se reporta es el esfuerzo físico invertido en el vuelo de forrageo, más que una medida real de la distancia. Las - abejas a las que se pegan pequeños pesos de plomo, o a las que se obliga a caminar a la estación de alimentación en lugar de hacerlo volando, reportan equivalentes de distancia substancialmente mayores que las que pueden viajar sin esas restricciones. Por ejemplo, una caminata de tres a cuatro metros conduce a reportes equivalentes a un vuelo de más de 50 metros. En realidad las abejas pueden estar comunicando algo tan simple y directo como la cantidad de azúcar metabolizada en el viaje hacia la fuente alimenticia.

No obstante, la danza de movimiento de cola comunica algo más que la distancia, aun traducida en esfuerzo. A diferencia de las abejas que obtuvieron la información de danzas circulares, y que salieron volando en todas las direcciones del compás excepto cuando se dirigen a una --- fuente conocida, las que fueron informadas por una danza de movimiento de cola parecen saber en qué dirección ir, así como qué tan lejos. El - rasgo más sorprendente del lenguaje de las abejas hasta ahora descifrado -así como el hallazgo más notable de von Frisch- es la forma en que la danza transmite información direccional.

Aunque algunas especies de abejas ejecutan siempre la danza de movimiento de cola sobre una superficie horizontal expuesta al cielo azul, las abejas carniolan de von Frisch normalmente danzan dentro del panal, verticalmente y sin el beneficio del cielo o el sol. De hecho, en la naturaleza las danzas son ejecutadas en la oscuridad, lo que plantea un - pequeño misterio concerniente al medio de comunicación entre la danzante y las espectadoras. No sabemos si la audiencia se basa en el zumbido, el tacto, o tal vez el olfato y el gusto, para obtener el mensaje. En - cualquier caso, von Frisch encontró que la abeja transmite su señal direccional en la oscuridad, sobre una superficie vertical, traduciendo -

el ángulo del sol sobre el vuelo de forrageo en un ángulo entre el movimiento de la cola y la atracción de la gravedad. Si la comida se encuentra en línea recta hacia el sol a partir del panal, entonces la danza se hará hacia arriba en línea recta; si la comida está en dirección opuesta al sol, la danza se hará en línea recta hacia abajo. Los ángulos intermedios del viaje a la comida se expresan como ángulos oblícuos sobre la curvatura vertical, igualando los tamaños angulares reales con una tolerancia de unos cuantos grados (ver la figura 11).

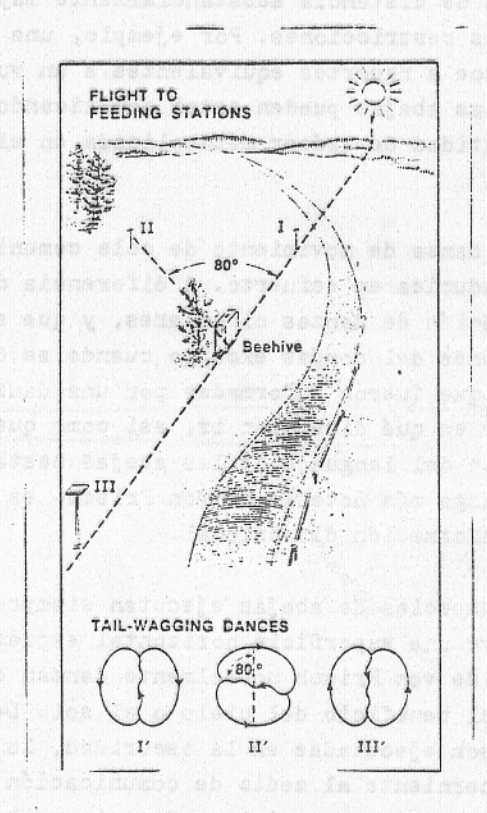


Figura 11. Tres fuentes alimenticias, I, II, y III, y sus correspondientes danzas de movimiento de cola I, II, y III. La danza I reporta que la comida se encuentra en dirección del sol; la danza II que se encuentra a 80° a la izquierda del sol; y la danza III reporta que el alimento está en dirección opuesta al sol. (Tomado de von Frisch, 1967).

Para traducir un ángulo visual a uno gravitacional, la abeja necesita órganos sensoriales para cada estímulo. Evidentemente tiene ojos,

pero además, en las uniones de la cabeza con el torax, y del torax con el abdomen -las tres partes principales del cuerpo segmentado de un insecto- la abeja tiene pelos sensoriales que registran la curvatura del cuerpo. Una abeja sobre una superficie vertical realizará pequeños movimientos oblícuos en cada segmento de su cuerpo respecto a los otros, dependiendo de su desviación de la vertical exacta. Los pelos sensoriales supervisan estas curvaturas; si a una abeja se le priva del nervio que abastece a estos pelos, dejándola incapacitada para ejecutar una danza competente, danzará, pero no logrará transmitir la información direccional correcta.

Suponga que la fuente alimenticia se encuentra en línea recta con el sol, pero un fuerte viento desvía a la forragera 30° a la izquierda. Igual que una persona que en un bote de remos lucha contra la corriente imprimiendo más fuerza sobre un remo, la abeja cambia en un ángulo oblícuo 30° a la derecha para compensar la desviación causada por el viento. Sin embargo, el ángulo que reporta en su danza es aquel en que realmente se encuentra la comida y no el ángulo en que tuvo que volar como compensación. En este caso, el movimiento de la cola será vertical y no a 30°, las abejas que reclute tendrán que hacer sus propias compensaciones ya que se les informó sobre dónde encontrar la comida, pero no se les dijo cómo obtenerla. Como en la mayor parte del mundo los vientos suelen ser sumamente cambiantes, biológicamente tiene sentido que las abejas comuniquen los ángulos reales dejando que las condiciones prevalecientes determinen los ajustes que hará cada una.

Como navegante la abeja es sobrehumana, pero no sobrenatural. Las abejas se muestran renuentes a forragear cuando tienen al sol directamente sobre la cabeza -como sucede en ocasiones en ciertos lugares- indudablemente porque no pueden encontrar un ángulo de navegación utilizable entre la fuente alimenticia y el sol que se encuentra directamente sobre ella. Cuando en tales ocasiones encuentran una fuente alimenticia importante, su danza no logra transmitir la información direccional. De manera similar, nada en el vocabulario de la abeja parece expresar la altura de la fuente alimenticia. Por ejemplo, suponga que un panal se -

encuentra a cierta distancia de un acantilado en cuya base la forrage-ra encuentra comida; el número de abejas que regresa a la base y a la cima del acantilado no difiere del que se encontraría si la fuente alimenticia estuviera en la cúspide y no en la base del acantilado.

Especies distintas de abejas difieren en los detalles de la comunicación, las abejas carniolan de von Frisch pasan de la danza circular a la danza del movimiento de cola cuando describen distancias entre 50 y 100 metros. En contraste, las abejas italianas ejecutan durante la transición una "danza de la hoz" (ver la figura 8) que -a diferencia de la danza circular- incorpora alguna información direccional para una distancia aproximada de 10 a 15 metros. Más aún, los dos tipos de abejas difieren en su calibración de la distancia, cuando la comida se encuentra a una distancia determinada las abejas carniolan danzan más rápidamente que las italianas. Como la regla es que entre más rápida sea la danza más cercana se encuentra la comida, una abeja italiana que recibió el mensaje de una danzarina carniolan volará una distancia demasiado corta. Por la misma razón, puede esperarse que una abeja carniolan que recibe el mensaje de una danzarina italiana vuele una distancia demasiado larga. Esas confusiones surgen en un panal que incluye ambas clases de abejas por una hibridación genética o porque un experimentador humano mezcló las poblaciones. Estos dialectos de las abejas (y existen muchos otros) no sólo demuestran que las abejas, como la gente, no pueden entender fácilmente un nuevo lenguaje, sino también que el vocabulario del lenguaje de las abejas -a diferencia del nuestro- puede ser innato. La existencia de un vocabulario innato es sugerida también por el hecho de que el juntar a ambas especies no da por resultado uns mezcla linguística, ya que cada individuo (incluso los nacidos en una colonia mixta) persisten en el uso del dialecto de su propia especie.

La probabilidad de que se dance refleja una variedad de factores. manteniendo otras cosas constantes, es más probable que una abeja dance cuando regresa de una fuente impregnada con esencia de flores que cuando regresa de una fuente inodora. Entre más lejana se encuentre la fuente, mejor tiene que ser (en melosidad, viscosidad, olor, etc.) para producir la danza. La progresión ordenada de curvas de la figura 12 muestra que las abejas intercambian distancia y melosidad de una manera regular. Sin embargo, una vez que empiezan a danzar comparten con su audiencia toda la información que emplearon para decidir si bailaban o no.

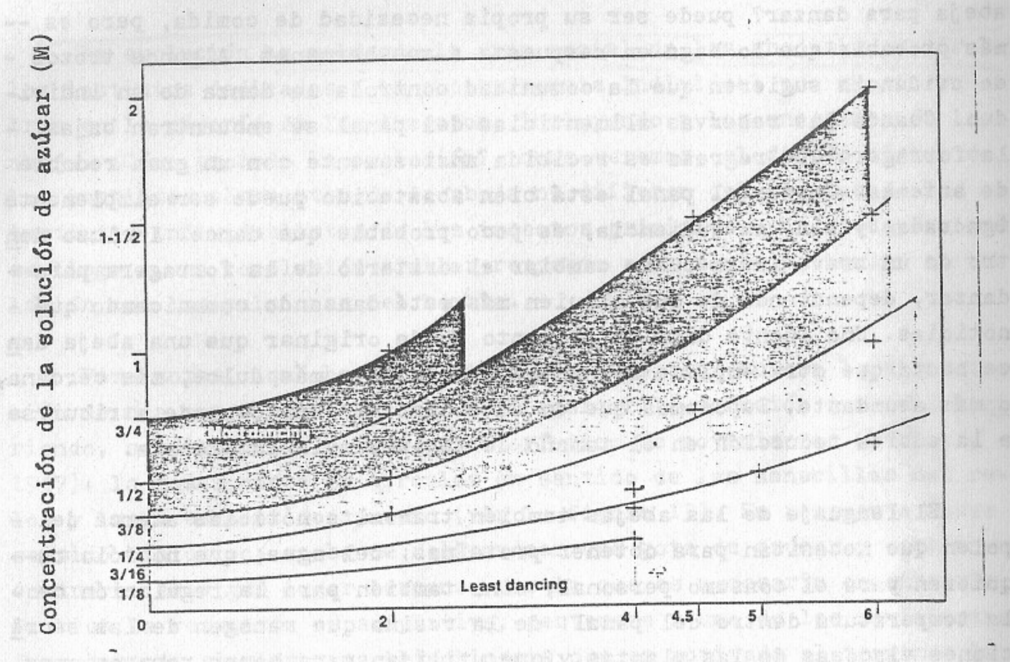


Figura 12. Entre más lejana se encuentre la comida del panal, más dulce tiene que ser para producir la danza en una frección de las forrageras que la encontraron. Cada curva muestra el intercambio entre distancia y melosidad para una determinada probabilidad de danza. Las curvas mayores muestran la mayor probabilidad de que se baile. Tanto una mayor melosidad como una mayor proximidad al panal estimulan la danza. (tomado de von Frisch, 1967).

Existen algunos factores generales, sobrepuestos a los factores específicos, que afectan a la danza. El más significativo es la versión

encuentra a cierta distancia de un acantilado en cuya base la forragera encuentra comida; el número de abejas que regresa a la base y a la cima del acantilado no difiere del que se encontraría si la fuente alimenticia estuviera en la cúspide y no en la base del acantilado.

Especies distintas de abejas difieren en los detalles de la comunicación, las abejas carniolan de von Frisch pasan de la danza circular a la danza del movimiento de cola cuando describen distancias entre 50 y 100 metros. En contraste, las abejas italianas ejecutan durante la transición una "danza de la hoz" (ver la figura 8) que -a diferencia de la danza circular- incorpora alguna información direccional para una distancia aproximada de 10 a 15 metros. Más aún, los dos tipos de abejas difieren en su calibración de la distancia, cuando la comida se encuentra a una distancia determinada las abejas carniolan danzan más rápidamente que las italianas. Como la regla es que entre más rápida sea la danza más cercana se encuentra la comida, una abeja italiana que recibió el mensaje de una danzarina carniolan volará una distancia demasiado corta. Por la misma razón, puede esperarse que una abeja carniolan que recibe el mensaje de una danzarina italiana vuele una distancia demasiado larga. Esas confusiones surgen en un panal que incluye ambas clases de abejas por una hibridación genética o porque un experimentador humano mezcló las poblaciones. Estos dialectos de las abejas (y existen muchos otros) no sólo demuestran que las abejas, como la gente, no pueden entender fácilmente un nuevo lenguaje, sino también que el vocabulario del lenguaje de las abejas -a diferencia del nuestro- puede ser innato. La existencia de un vocabulario innato es sugerida también por el hecho de que el juntar a ambas especies no da por resultado uns mezcla linguística, ya que cada individuo (incluso los nacidos en una colonia mixta) persisten en el uso del dialecto de su propia especie.

La probabilidad de que se dance refleja una variedad de factores. manteniendo otras cosas constantes, es más probable que una abeja dance cuando regresa de una fuente impregnada con esencia de flores que cuando regresa de una fuente inodora. Entre más lejana se encuentre

la fuente, mejor tiene que ser (en melosidad, viscosidad, olor, etc.) para producir la danza. La progresión ordenada de curvas de la figura 12 muestra que las abejas intercambian distancia y melosidad de una manera regular. Sin embargo, una vez que empiezan a danzar comparten con su audiencia toda la información que emplearon para decidir si bailaban o no.

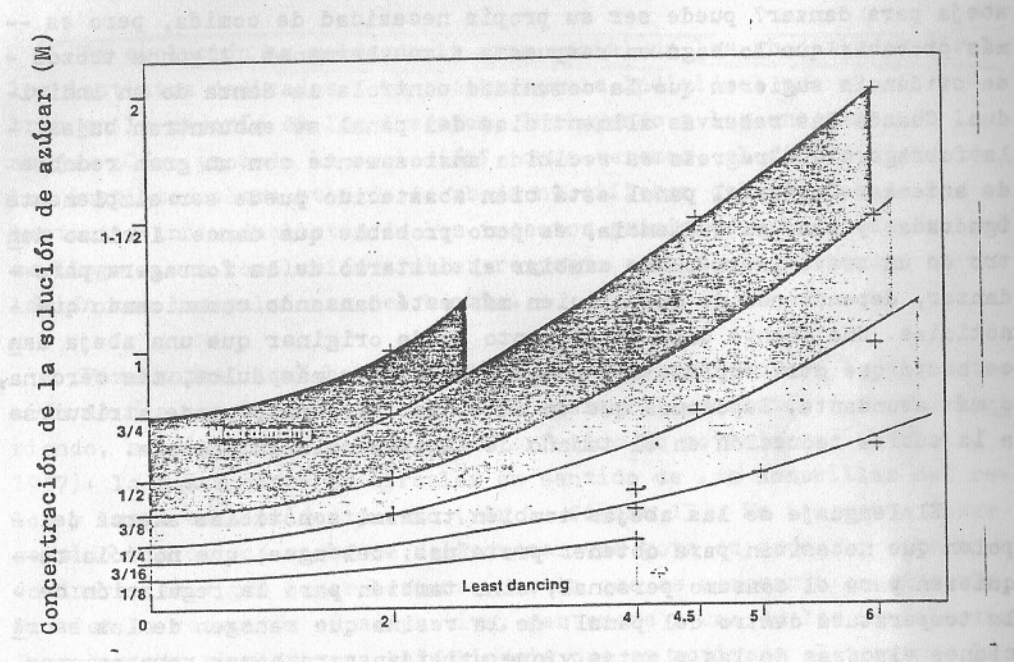


Figura 12. Entre más lejana se encuentre la comida del panal, más dulce tiene que ser para producir la danza en una frección de las forrageras que la encontraron. Cada curva muestra el intercambio entre distancia y melosidad para una determinada probabilidad de danza. Las curvas mayores muestran la mayor probabilidad de que se baile. Tanto una mayor melosidad como una mayor proximidad al panal estimulan la danza. (tomado de von Frisch, 1967).

Existen algunos factores generales, sobrepuestos a los factores específicos, que afectan a la danza. El más significativo es la versión

de la abeja de la ley de la oferta y la demanda. Cuando en el panal -- hay abundancia (lo que es frecuente en la primavera) la danza es desanimada, para que en esos momentos buenos una abeja baile debe haber encontrado una fuente excepcionalmente buena. En contraste, al final del verano o en el otoño, cuando las reservas han menguado, se reportan -- aún las fuentes más pobres. ¿Qué es lo que cambia el criterio de la -- abeja para danzar? puede ser su propia necesidad de comida, pero es -- más probable que lo haga en respuesta a sus hermanas. Algunos trozos - de evidencia sugieren que la comunidad controla la danza de un individuo. Cuando las reservas alimenticias del panal se encuentran bajas, - la forragera que regresa es recibida ansiosamente con un gran redoble de antenas. Cuando el panal está bien abastecido puede ser simplemente ignorada, y sin una audiencia, es poco probable que dance. Incluso dentro de un breve lapso puede cambiar el criterio de la forragera para - danzar, dependiendo de que alguien más esté danzando comunicando qué - noticias. Una fuente dada de alimento puede originar que una abeja dance hasta que otra empiece a anunciar una fuente más dulce, más cercana, o más abundante. Suponemos que en este caso el cambio puede atribuirse a la súbita reducción en el tamaño de la audiencia interesada.

El lenguaje de las abejas también transmite noticias acerca del - polen que necesitan para obtener proteínas; del agua, que no sólo requieren para el consumo personal, sino también para la regulación de - la temperatura dentro del panal; de la resina que recogen de las secreciones viscosas de las plantas y que utilizan para hacer reparaciones dentro de la colmena; y de nuevos lugares donde localizar una colmena, lo que se hace necesario cuando la población ha aumentado demasiado. - No hay duda de que las abejas discuten otros detalles de la vida en el panal por medio de otras danzas adecuadamente adaptadas para ello. Pero debemos detener aquí el relato para tratar de extraer los principios motivacionales relevantes.

INSTINTO, ALTRUISMO E INDIVIDUALISMO.

La sociabilidad de las abejas no es accidental. En la colonia, la mayoría de sus miembros son obreras asexuadas -hembras estériles- cuya existencia es dedicada totalmente a la comunidad. Esta dedicación desinteresada de las hembras estériles es lo que hace posible la sociedad de las abejas y viceversa, la existencia de estas hembras estériles no tendría razón de ser sin la sociedad a la que sirven. La obrera estéril no tiene razón biológica para esforzarse por su bienestar, ya que su supervivencia no puede producir descendencia. En lugar de ello, el significado biológico de este moderno insecto social está contenido en la supervivencia de la colonia, habiéndose requerido siglos de evolución para moldear este instrumento social.

La evolución ha moldeado la vida social de las abejas a partir de los instintos dedicados a la supervivencia individual que se encuentran en la mayoría de los insectos, incluyendo a los ancestros de la - abeja. ¿Cómo procede la evolución?, como veremos, el diseño básico de los instintos altruistas de la abeja no difieren del esquema de los -- instintos individualistas de los insectos primitivos. En el capítulo 4 se llega a una conclusión similar respecto a la sociedad humana en relación con las pulsiones del hombre.

Pero antes, ¿qué hay respecto a los insectos? cuando la alimentación de una mosca es interrumpida al apartar la solución que está ingiriendo, se dispara un patrón característico de movimientos (Dethier, - 1957): la mosca corre en círculos en sentido de las manecillas del reloj y luego en sentido opuesto (ver la figura 13). Su respuesta tiene sentido biológico: acaba de desaparecer una gota de azúcar y debe encontrarse en algún lugar cercano, por lo que es necesario encontrarla. Si bien la respuesta es adaptativa, pertenece a uno de los movimientos forzados más simples, una klinokinesis que es activada al terminar la estimulación del azúcar.

La respuesta de la mosca es afectada por los rasgos físicos de la situación, lo que es típico en una klinokinesis: entre mayor sea la -- concentración de azúcar, más girará la mosca por unidad de tiempo al - alejar la solución. Sin embargo, dada una concentración de azúcar, los giros de la mosca son aproximadamente proporcionales a su privación -- alimenticia. Si se encuentra cerca de la inanición girará vigorosamente por soluciones que en otro momento habría ignorado. Más aun, después de este encuentro con el azúcar, el vigor de los giros disminuye

gradualmente para, eventualmente, parar por completo. El vigor de los giros puede entonces ser considerado como un reloj natural que expresa el recuerdo que va desvaneciéndose del azúcar. Si después de quitar la solución se mantiene a la mosca encerrada en un puño, al ser liberada girará a una tasa que es apropiada al tiempo transcurrido desde la estimulación.

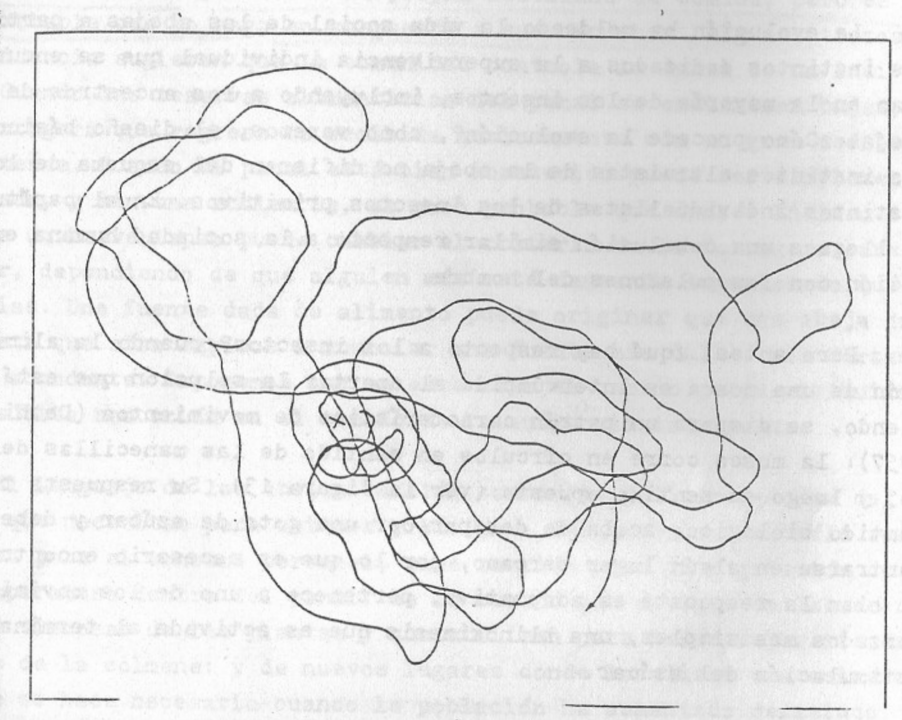


Figura 13. Camino trazado, sobre una superficie horizontal, por una mosca que acaba de probar un poquito de una solución dulce, la solución fué removida antes de que la mosca abara de beber. Empezando en X traza un patrón caótico de actividad en el cual, sin embargo, existe cierto método. La klinokinesis empieza con giros muy cerrados que cubren un área pequeña, gradualmente los giros van abriéndose, lo que permite cubrir un área mayor. De esta manera, es probable que la mosca pueda encontrar el azúcar perdida (Tomado de Dethier, 1957).

En resumen, después de la interrupción la conducta de la mosca -- contiene información abundante acerca de la comida -su localización, su

valor nutritivo, y la relativa novedad de su presencia; contiene inclu so información acerca de los campos energéticos de luz y gravedad ---- (Dethier, 1957). Más aún, una mosca que acaba de alimentarse habrá de regurgitar una gota de la solución sí encuentra algunas compañeras ham brientas, con lo que las receptoras prueban el sabor del dulce. Poco - después también ellas empiezan a girar, lo que aumenta sus posibilidades de encontrar el alimento. Donde al principio había una mosca buscando comida, pronto habrá muchas más, cada una de las cuales -de tener exito- atraerá a otras a la búsqueda. En la naturaleza el eslabona miento de esas respuestas simples tiene un claro valor de supervivencia, lo que no sólo permite explicar su existencia, sino que también - es el meollo de la vida social.

Para nuestro conocimiento, la rutina de la mosca nada tiene del - contenido simbólico de la danza de la abeja. La mosca "danza" principalmente para sí misma, buscando más comida mientras su hambre perdura. Aunque psicológicamente es primitiva, la conducta de la mosca contiene la mayoría de los elementos que la selección natural pudo moldear en un lenguaje como el de las abejas. Sin embargo, el punto crucial que - estamos descuidando es que tuvo que haber un cambio en el regulador de la conducta. Mientras la actividad de la mosca crece y se desvanece de acuerdo con su estado nutricional, la danza de la abeja está controlada, al menos hasta cierto grado, por la colonia (ver la figura 14). A diferencia deia mosca, cuya ingestión persiste hasta que la interrumpen las contracciones de su intestino, la abeja continúa el forrageo - durante todo el tiempo que pueda obtener una audiencia. No sabemos a - ciencia cierta qué es lo que la abeja detecta en el panal, pero debe - ser algo relacionado con el interés de sus hermanas. Hasta donde se sabe, el hambre individual juega un papel menor en la danza de la abeja. Ese cambio en el regulador (junto con muchas otras cosas comparables) es lo que hizo al estilo de vida de la abeja tan diferente del estilo de la mosca. Sin embargo, el esquema básico de una respuesta apetitiva que es terminada por un evento consumatorio se aplica tanto a la abeja como a la mosca. Esto significa que la "altruista" abeja no carece de motivación o deseo, es sólo que ha reemplazado -o complementado- el deseo de comer con el deseo de informar. El diseño esencial del altruismo no parece ser diferente de la conducta motivada en general.

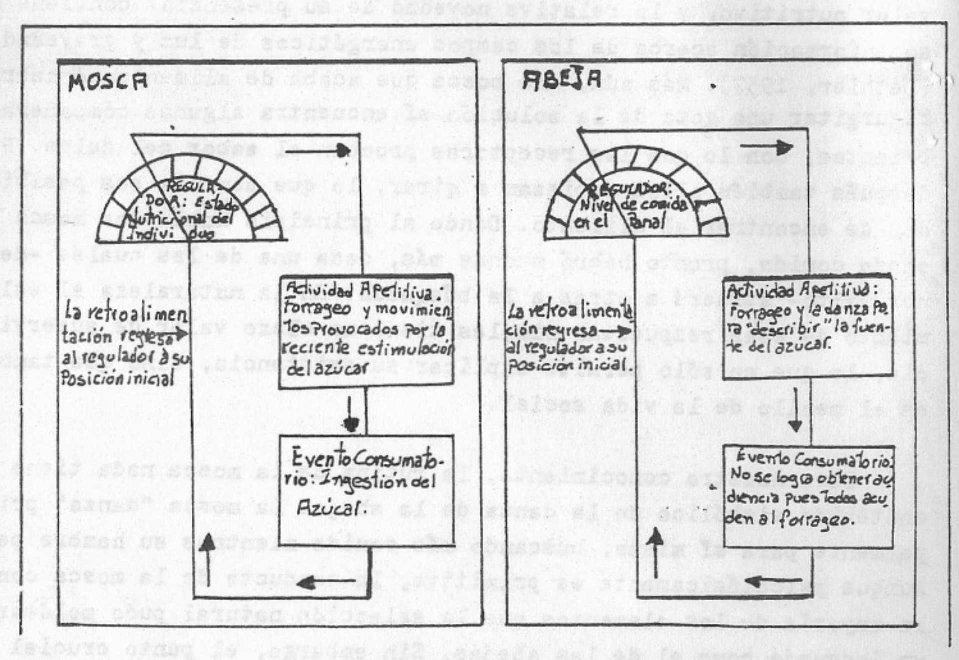


Figura 14. Comparación de la estructura motivacional de la danza en la mosca y la abeja. En la mosca, el regulador para el forrageo después de la comida se vincula con su propio estado nutricional, como la actividad de su recolector. Sus enérgicos movimientos después de estar en contacto con el azúcar (ver figura 13) pueden llevar a la consumación en el hallazgo y consumo de más azúcar. En contraste, después de la comida la abeja forragea cuando el nivel de comida del panal es bajo; danza para sus compañeras que luego habrán de forragear por si mismas, en este caso la consumación sobreviene cuando la abeja no tiene ya una audiencia para la cual bailar, lo que sólo sucede cuando las reservas alimenticias del panal han alcanzado un nivel aceptable.

Una vez que los reguladores reflejan las condiciones de la colonia más que el estado del intestino, el sistema de respuesta puede evolucionar hacia el bienestar de la comunidad más que hacia el beneficio individual. Habiendo sido liberada de su vinculación con un evento consumatorio basado en las necesidades individuales, la danza de la abeja puede portar más información útil para la colonia. A partir de las taxias y kinesis de sus ancestros se ha moldeado un lenguaje, pero al mismo tiempo tuvo que evolucionar la capacidad de comprenderlo. La evidencia sugiere que la evolución utilizó elementos familiares en la vida de los insectos para para la comprensión y la expresión del lenguaje.

En muchas especies de insectos, en particular en hòrmigas y termitas, las forrageras suelen ir dejando una huella olorosa que permite a otros individuos llegar a la comida. Las glándulas que secretan esos olores generalmente participan en la conducta sexual, aunque en ocasiones también juegan un papel en el seguimiento de señales. El seguimiento de esa huella aromática sólo difiere del seguimiento del olor de la comida por el rango más extenso de estimulación, y por el ingrediente social. Puede ser que no se requiera mucha complejidadpsicológica para que una hormiga deje una huella química, o para que otra la siga; pero si estos dos hechos se toman en conjunto, pueden llenar el enorme vacío que hay entre la vida solitaria y la vida social. Como los insectos pueden seguirse, la información obtenida en las búsquedas individuales construye y acrecenta el éxito del grupo como un todo.

Las abejas, con sus danzas simbólicas, expresan un rastro químico en miniatura, tal vez en forma visual o auditiva. Existen especies de abejas que sólo danzan sobre una superficie horizontal a la vista del sol o del cielo azul. Para ellas, la danza del movimiento de cola representa un vuelo en miniatura a la comida. La audiencia sigue la danza, participando en ella, hasta que sus miembros pueden volar en la dirección precisa comunicada en la danza. Puede considerarse que la comunicación de estas abejas es menos simbólica que la de las abejas carniolan qua danzan en relación a la gravedad. Menos simbólicas aún son las especies de abejas que en lugar de comunicar sus hallazgos por medio de la danza que en realidad dejan un rastro químico. Otras especies ocupan una posición intermedia entre el forrageo solitario de los insectos comunes y la organizada búsqueda comunal de las abejas obreras. Cuando una de esas abejas encuentra comida, realizará unos cuantos viajes de ida y de regreso entre el lugar en que la encontró y el panal, recogiendo en cada ocasión una nueva carga; en uno de esos viajes de regreso se detiene cada ciertas yardas y deposita una secreción con un olor que los seres humanos -y suponemos que también sus hermanas- pueden percibir. Poco después sus hermanas forrageras estarán volando de regreso a lo largo del rastro dejado para ellas. En la densa vegetación de la selva sudamericana, donde habita esta abeja, el rastro oloroso puede rodear y girar, subir y caer, lo que no puede hacer la danza del movimiento de cola. Otras variedades conducen literalmente a sus hermanas forrageras a lo largo del camino a la comida, volan-

do con ellas parte del camino.

La diversidad de los detalles no debe oscurecer la similaridad - subyacente del esquema motivacional, de la mosca a la abeja. Si estu--diaramos todas las especies encontraríamos que cada ajuste conductual de cada especie descansa en algún estado interno que rige la respuesta a la estimulación. La variación entre las especies puede estar en la - naturaleza exacta del estado interno y en las conexiones estímulo-res-puesta. Y esas variaciones -al igual que todas las otras variaciones - biológicas- hab syrgido en la historia evolutiva de las especies. Puesto de manera más simple, la conducta cumple las demandas de los reguladores que a su vez cumplen los requerimientos para la supervivencia de la especie. En las moscas, un resultado es alimentar al individuo; en las abejas, entretejer el tejido social. Para algunos de los ejemplos la ciencia no ha identificado aún al regulador específico, y a medida que avanzamos hacia los organismos superiores el conocimiento se hace cada vez más escaso; en consecuencia, la existencia del regulador es a veces hipotética, pero aún así, no parece forzada. La conducta varía - de una ocasión a otra debido a los estados encubiertos de la criatura, como sucede en el canto de apareamiento de las aves, nuestro siguiente ejemplo.

EL CANTO DEL PINZON.

En la primavera, cuando las aves maduras buscan aparearse y construir su nido, los machos de muchas especies anuncian en el canto su - disponibilidad y determinación para proteger un territorio y una familia. El desarrollo del canto es en sí otro ejemplo de conducta que representa las fases apetitiva y consumatoria del instinto. El ejemplo - nos trae a un animal más cercano al género humano en el árbol evolutivo, un vertebrado de sangre caliente como nosotros, sólo que es un ave en lugar de un mamífero. Nuestro sujeto es el pinzón, una pequeña ave canora europea de la que sabemos bastante porque durante mucho tiempo ha sido sujeto favorito del estudio biológico.

En principio, el canto de apareamiento del pinzón, como muchos -- otros cantos, es distintivo; existen fuertes veneficios para las especies cuyos miembros han evolucionado cantos altamente estereotipados y fácilmente identificables, el beneficio consiste simplemente en que -- los miembros de la especie pueden localizarse cuando la visión es difícil. Así, un pinzon macho que declara su disposicion sexual, atrayendo a las hembras y advirtiendo a los machos, obtiene mejores resultados - si su canto puede ser claramente reconocido por otros pinzones, tanto machos como hembras. Entre más positivo suene, menos probable es que - tenga problemas. De aqui que cuando caminamos por un bosque lleno de - aves escuchamos una extraordinaria cacofonia de distintos cantos, con gorjeos, pios, trinos, chillidos, silbidos, etc. A pesar de eso, los - escuchas de alguna manera filtran todos estos sonidos: los abadejos escuchan el canto del abadejo; los orioles el canto del oriol; los pinzones el canto del pinzón, etc.

La naturaleza podría obtener una selectividad máxima si diese a - cada especie un canto innato, fijo, y la habilidad innata para reconocerlo. De hecho, este es el caso de algunas aves. Por ejemplo, en los pollos domesticos, los cloqueos y gorjeos caracteristicos vienen com-- pletamente preparados, sin que se requiera experiencia especial para - que emerjan los sonidos adultos (a los que difícilmente podría llamarse "canto"). Pero otras aves sí requieren de la experiencia, a diferencia de los pollos, los loros toman nota cuidadosa de lo que escuchan y a menudo lo imitan. Se reportó el caso de un loro que aprendió a imi-- tar los chasquidos que hacía una persona colocando un dedo en la boca y chasqueando rápidamente los carrillos. Lo que es más, el loro ponía también su pata en el lado del pico haciendo un movimiento grueso al - imitar el chasquido, imitando también visualmente a la persona. El pollo y el loro definen los extremos, para la mayoría de las aves el canto o llamada es resultado de la interacción de la herencia y el aprendizaje.

El canto del pinzón macho dura alrededor de dos o tres segundos y usualmente consta de tres fases distintas, aunque en ocasiones son só-

lo dos (Marler, 1961; Nottebohm, 1970). Cuando son tres frases, las dos primeras constan de cuerdas similares de notas separadas por una ligera pausa y una caída en la totalidad de los tonos; la frase final, claramente distinta y más compleja que las dos primeras, recuerda a las que hemos escuchado en un "preludio", aunque escasamente dura un quinto de segundo. Hay pequeñas variaciones en el canto de un lugar a otro, pero el canto del pinzón es tan característico de la especie como lo son el plumaje y la dieta. La cuestión es cómo adquiere el pinzón su canto.

Veamos primero cómo se desarrolla el canto en un individuo. El pájaro macho sale del cascarón en primavera, pero solo cantara su canto completo, maduro, hasta su segunda primavera, cuando está listo para anidar por primera vez. En las primeras semanas posteriores a la salida del cascarón únicamente emite las llamadas típicas para requerir protección y comida. Luego, durante su primer verano y otoño aparece el subcanto, que aunque contiene partes del canto completo no las integra en una secuencia ni presenta el registro sonoro del canto completo. Durante el invierno deja de practicar, pero en la siguiente primavera reanuda el subcanto que después de unas cuantas semanas se funde suavemente en el canto completo. Al período de transición suele llamársele canto plástico porque aunque se aproxima al producto final, es mucho más variable que éste. Al pinzón macho normalmente le toma varias semanas pasar del subcanto, a través del canto plástico, a su canto cristalizado permanente, mismo que cantará cada primavera por el resto de su vida, unos cinco años.

Cuando se saca a los pinzones del bosque durante su primer septiembre, en la siguiente primavera mostrarán un canto anormal; a la larga, presentarán un canto cristalizado que carece de la tercera frase, el preludio, aunque en otros aspectos puede ser correcto. Asi aunque las aves necesitan algo del ambiente natural para perfeccionar su canto, después del primer otoño pueden proseguir por sí mismas a dominar por lo menos el perfil general del canto. Durante la segunda primavera, todo lo que necesitan para obtener el canto correcto es escuchar

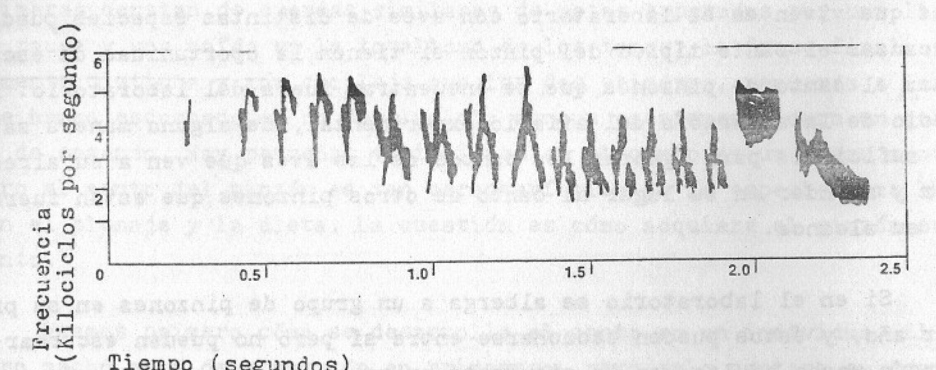
el canto cristalizado de algunos machos adultos. En efecto, los pinzones que viven en el laboratorio con aves de distintas especies pueden alcanzar el canto típico del pinzón si tienen la oportunidad de escuchar el canto de pinzones que se encuentran fuera del laboratorio. En medio de la algarabía del aviario experimental, de alguna manera saben lo suficiente para ignorar los cantos de las aves que ven a su alrededor y atender en su lugar al canto de otros pinzones que están fuera de su alcance.

Si en el laboratorio se alberga a un grupo de pinzones en su primer año, y éstos pueden escucharse entre sí pero no pueden escuchar a ningún macho adulto, en la siguiente primavera todos presentarán aproximadamente el mismo canto anormal. Entre más temprana haya sido la separación de sus padres, más exagerada será la anormalidad exhibida en la siguiente primavera. Los pinzones que son aislados cuando empiezan a volar desarrollarán un canto altamente atípico, aunque puede contener las tres frases y generalmente dura de dos a tres segundos (ver la figura 15). Podemos concluir que el contacto con los adultos durante el primer año hace una contribución significativa, aún cuando el canto completo no emerja antes de la segunda primavera.

Posiblemente el hecho más significativo es que el pinzón sabe, de alguna manera, lo suficiente para imitar la mejor aproximación al canto normal a que tiene acceso durante la importantísima segunda primavera. Y, esta segunda primavera es verdaderamente crucial; si durante ella cristaliza un canto incorrecto, el pinzón no podrá ya corregirlo, y ningún contacto posterior con el canto normal impedirá que siga cantando su canto excéntrico y a todas luces ineficiente.

Durante su primer año el pinzón completa los detalles de su canto eventual escuchando el canto adulto. Pero aún con poca o ninguna exposición desarrolla algo que se parece al canto del pinzón en duración, fraseo, y registro, aunque no en la melodía. Probablemente aprende la ejecución vocal que suena más placentera y mas parecida al canto del -

CANTO NORMAL DE UN PINZON



CANTO DE UN PINZON CRIADO EN AISLAMIENTO

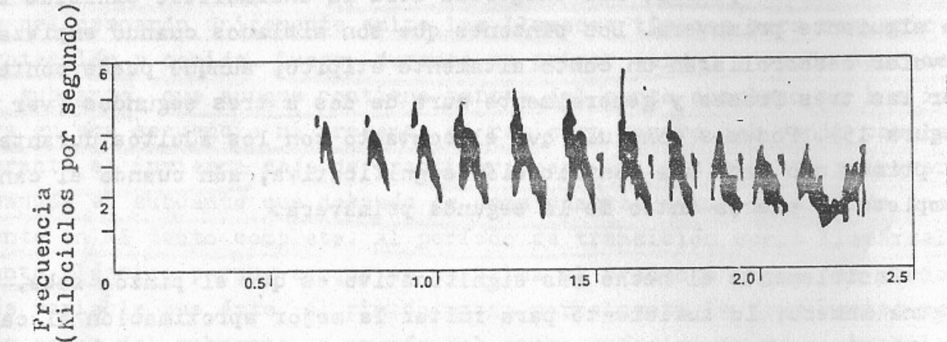


Figura 15. Los trazos muestran la composición de frecuencia (ver capítulo 7) del sonido de los cantos del pinzón de momento a momento durante los dos a tres segundos que dura el canto. El canto normal (parte superior) contiene explosiones de sonido cada una de las cuales dura aproximadamente .1 segundo. Esta parte del canto dura alrededor de dos segundos y al escucharse parece constar de dos frases. El final del canto es la tercera frase decididamente diferente, el preludio, mismo que está ausente en el canto de un pinzón criado en aislamiento (parte inferior). (Después de Thorpe, 1961, en Hinde 1970).

pinzón. Para encontran en qué contribuye la audición es necesario ensordecer a las aves jóvenes en distintos momentos de su desarrollo. Cuando se les ensordece en su primer septiembre, el pinzón cristaliza un canto con poca o ninguna relación con el canto normal; algunos individuos terminan en un chillido indiferenciado que ni siquiera cumple la duración normal de dos o tres segundos, sino que puede tener duraciones diversas. Entre más temprano se produzca el ensordecimiento durante el primer año, más pobre será la calidad del canto. Aún si el ensordecimiento se realiza durante el canto plástico de la segunda primavera, entre más temprano se produzca más distorcionado e incompleto será el canto, y más probabilidad tendrá de deteriorarse con el tiempo. Sin embargo, si el ensordecimiento se produce después de la primera primavera en que se ha alcanzado la madurez cuando el macho ya ha cantado un canto cristalizado normal, entonces el canto continuará siendo normal durante el resto de la vida del pájaro.

Aparentemente el ensordecimiento detiene el desarrollo motor del canto, pareciendo que el pinzón necesita escucharse cantar para desarrollar la habilidad vocal para su canto. Alcanza su meta -el estándar hacia el que dirige sus esfuerzos- al escuchar a los adultos, aunque empieza con algunas preferencias. El pinzón se compara contra un criterio parcialmente innato y parcialmente aprendido, muy similar a nuestros gustos culinarios que pueden ser moldeados por la experiencia sólo hasta cierto punto. En cualquier caso, haya sido criado normalmente en la foresta, aislado, o ensordecido, una vez que el pinzón canta su primer canto cristalizado -correcto o inadecuado- no hay ya lugar para el cambio. Aparentemente, después de la primera primavera madura deja de escuchar su canto o el canto de otros, al menos en lo que concierne a sus estandares para el canto.

La naturaleza ha explotado ventajosamente la mezcla de aprendizaje y herencia del pinzon. Como cristalizan cantos cuyos detalles dependen de lo que han escuchado, las aves de una localidad particular cantan su propio "dialecto". Es decir, los pinzones de un área particular cantan un canto con cierto acento, aunque la fraseología y melodía bá-

sicas correspondan al estandar. Una hembra del área parece preferir a los machos que canten en el dialecto local sobre los machos que -a sus oídos- cantan de manera un tanto extraña. Asi, las comunidades de pinzones forman poblaciones híbridas, aparentemente al aislarse genéticamente de las comunidades vecinas por medio del apareamiento preferencial dentro de sus fronteras "lingüísticas". Estas fronteras suelen formarse cuando algún rasgo geográfico -una montaña, una concentración grande de agua, o algún ambiente inhóspito- separa a los grupos de aves. Más aún, cuando existen barreras geográficas considerables también es probable que cada lado existan condiciones de vida considerablemente diferentes -en la temperatura, cantidad de lluvias, calidad del terreno, fuentes de comida, enemigos naturales, etc. El aislamiento lingüístico permite que las condiciones locales influyan la evolución de estos subgrupos más rápidamente de lo que sería para la especie como un todo, por la sencilla razón de que involucra a relativamente pocos individuos. Con los subgrupos haciendo ajustes locales la especie puede extenderse a un rango mayor de ambientes que si la crianza fuera totalmente no selectiva.

También en la sociedad humana la presencia de barreras lingüísticas obstaculizan parcialmente todo tipo de intercambio, incluyendo el sexual. Los hombres se segregan genéticamente, posiblemente más que los pinzones, por medio del apareamiento preferencial dentro de sus comunidades lingüísticas. La segregación no necesita ser total para ser biológicamente significativa. Un buen lugar para buscar un paralelo con las aves puede ser la Australia interior, donde se ha observado que la población humana nativa realmente forma unidades de crianza que hablan dialectos diferentes. En cualquier caso, y simplemente como principio,habrá lugares donde los patrones naturales de apareamiento de los animales -incluyendo al hombre- impondrán una segregación genética y en consecuencia, una diferenciación de subgrupos dentro de las especies. Las ventajas adaptativas de estos ajustes "microevolutivos" son para las criaturas que construyen sus contactos sociales sobre la una mezcla conveniente de ingredientes aprendidos e innatos -como los pinzones y los hombres entre otros.

Un aspecto del canto de las aves que hasta ahora se ha dado por supuesto es que ocurre. Después de la primavera, el pinzón macho pasa cada primavera por el ciclo del subcanto y el canto cristalizado. En la naturaleza los días más largos excitan el canto a través de sus efectos en las hormonas sexuales. Se producen químicos suficientes para activar las distintas conductas que conducen al cortejo, apareamiento, y el resto de la vida familiar del pinzón, de la cual el canto es virtualmente el primer paso. Obviamente el regulador interno es manejado por las hormonas; es fácil engañar al pájaro para que cante en otros momentos del año, incluso en lo más severo del invierno, simplemente inyectándole la hormona sexual, proprionato de testosterona. Dada la dosis adecuada en cualquier momento, el pajaro repite el ciclo de canto de manera perfectamente normal. Otra forma de producir el ciclo de canto fuera de estación, y sus concomitantes sociales, es el condensar el calendario -acelerando el patrón de disminución de la longitud del día seguido por un aumento de la longitud del día que ordinariamente pasa del otoño, a través del invierno, hasta la primavera. Bajo esas condiciones el canto puede ocurrir en octubre o noviembre en lugar de suceder cuatro o cinco meses después en marzo. El ciclo producido en esos momentos parece normal en todos aspectos; sin embargo, el pájaro precoz no tiene compañeras para cortejar y aparearse, con lo que el canto pierde su propósito esencial.

EL INSTINTO DE AUTOPRESERVACION.

Posiciones extremas del regulador interno pueden compensar una estimulación empobrecida, y a la inversa, un estímulo aumentado producirá conducta apetitiva aún cuando el estado de pulsión sea débil. Los pinzones mantenidos en cautividad suelen necesitar una dosis de testosterona para cantar, incluso en primavera, ya que el laboratorio parece inhibir el apareamiento. El nivel extra de hormonas puede proporcionar aquello de que carece el escenario experimental. De manera similar, von Frisch endulzaba las flores con azúcar adicional para provocar la danza cuando el néctar disponible cae por debajo del nivel umbral. Pero en la naturaleza, el balance de los factores internos y externos que gobierna la conducta suele ser correcto para la supervivencia de la especie. Tanto en las criaturas sociales como en las asociales prevalece el mismo patrón básico: estados internos y circunstancias ambien

tales escrupulosamente seleccionadas se combinan para favorecer la supervivencia.

Hasta ahora hemos considerado varias pulsiones -reproductiva en el pinzón, nutricional en la mosca, social en la abeja. Pero esos adjetivos -"reproductiva","nutricional", "social"- no significan que el animal se esfuerce por la razón biológica que nosotros, como observadores, inferimos. Aunque cada pulsión puede estar relacionada con la supervivencia del individuo, de su especie, o de su forma de vida, la relación puede ser bastante indirecta. Dada una carga de néctar, la danza de la abeja será provocada por la presencia de una audiencia, la cual sólo se presentará si las existencias de comida del panal son escasas. Se ha formado una estructura social a partir de patrones esencialmente similares a las secuencias estímulo-respuesta de los insectos solitarios. De manera similar, una abeja forragera puede continuar comiendo mucho después de haber satisfecho su necesidad de comida, llenando su "estómago de miel" para el beneficio de la comunidad. A diferencia de la gente que siente hambre principalmente como una expresión de sus propias necesidades, la abeja puede sentir una necesidad relacionada con el estado de un estómago cuyo contenido no es para ella. Si el resultado es social es sólo porque los estímulos y reguladores relevantes están vinculados a una comunidad, no porque la abeja tenga una pulsión generalizada para el bien de la sociedad o altruista.

Para los estándares humanos las abejas obreras muestran un desprendimiento extraodinario, cuando atacan a un intruso en el panal a menudo sacrifican sus vidas junto con sus aguijones. Las abejas que se especializan en custodiar la entrada al panal se sacrifican a las necesidades de la comunidad. Pero incluso esta conducta parece ajustarse al esquema motivacional descrito en la figura 7. Podemos asumir que en cierto período de la vida de la abeja obrera su estado interno es tal que la aparición u olor de una abeja extraña en el panal establece la ocasión para atecar al intruso, incluso a expensas del individuo. Para la obrera asexuada, la auto-preservación no es el punto biológico de importancia.

Para las criaturas solitarias la supervivencia individual parece más importante. Sin embargo, el llamado instinto de auto-preservación no es más que la totalidad de las motivaciones de tales criaturas -de la comida al abrigo al apareamiento a la evitación del dolor a cualquier otra cosa en que se involucren. La auto-preservación es el coproducto y no el principio del instinto o pulsión. Un título más exacto sería preservación de la especie más que auto-preservación, tanto para las criaturas sociales como para las solitarias. Por supuesto, los animales nada saben acerca de la preservación de la especie o de la auto-preservación como tales; toman las pulsiones como vienen, cumpliendo el mandato de esta o de aquella, como dicten la ocasión y el impulso.

UMWELT

Cada animal presupone que posee el equipo sensorial y motor requerido por sus pulsiones. La mosca hambrienta tiene receptores del azúcar que armonizan con su diente goloso; la abeja, forragera del néctar tiene la capacidad para ver y oler las flores. Los animales a menudo responden a aspectos del mundo diferentes a los que satisfacen al ojo o al oído humanos, aún cuando los animales estén usando sus receptores visuales y auditivos.

Una manera de evaluar el rango de estímulos que efectivamente controlan la conducta de los animales consiste en reemplazar objetos naturales con modelos (Tinbergen, 1951). Cuando cierto tipo de gaviota recupera un huevo que ha rodado del nido, tendemos a atribuirle un interés maternal por su descendencia. De hecho, al substituir los huevos auténticos por distintos objetos, los científicos han encontrado que la gaviota recuperará con suavidad todo tipo de cosas -con forma de huevo, blancos o difusamente coloreados, de madera o porcelana, e incluso cubos, cajas, o cilindros- en tanto caigan en un rango aproximado de tamaños. En este caso, la respuesta instigada por una pulsión relacionada con la ausencia de algo debajo de la gaviota, es disparada por una variedad de objetos que podríamos considerar demasiado amplia. Juzgando desde un abstracto punto de vista biológico, nada gana la es-

pecie teniendo a una gaviota clueca sentada sobre un cenicero. Sin embargo, desde el punto de vista de la gaviota, está haciendo lo correcto: cuando satisface las instigaciones de su pulsión al sentarse sobre un cenicero hace lo que nosotros cuando alguna pulsión nos incita a la acción. Podemos pensar que nuestras pulsiones tienen un mejor sentido biológico, pero sólo nos estaríamos engañando toda vez que las gaviotas sobreviven exitosamente.

La gaviota sobre el nido ejemplifica un hallazgo común en el estudio de la estimulación. La inspiración para esta aproximación a la conducta animal proviene del trabajo del biólogo alemán Jakob von Uexküll y resulta de una distinción crucial que él realizó (Schiller, 1957). - El afirmó que cada animal vive en su propio mundo, definido por sus -- propias pulsiones y capacidades sensoriales. Así, el ambiente natural que vemos es meramente observado desde el punto de vista humano, que - es sólo uno entre muchos. Por ejemplo, un roble es algo diferente para la ardilla que cosecha sus bellotas, para los estorninos que anidan en sus huecos, para el pájaro carpintero que perfora su corteza, para el escarabajo que vive en sus desechos, o para el leñador que busca su madera. Cada criatura trae a su ambiente un conjunto de pulsiones y un - conjunto igualado de categorías perceptuales para las secuencias apetitiva y consumatoria.

El mundo particular de los animales -su umwelt (mundo circundante) para usar el término alemán de von Uexküll- es revelado por experimentos con estimulación substituta. Por ejemplo, el "pez guerrero" siamés macho (figura 16) suele atacar a cualquier otro macho que osa entrar - en su territorio. En efecto, este belicoso pez atacará con ira a su -- propia imagen reflejada en un espejo sumergido en el estanque. Este experimento no sólo demuestra su mal humor, sino también que el estímulo provocador es visual y no oloroso, acústico, o algo más. La figura 17 define aún más al estímulo al mostrar una progresión de modelos del -- pez guerrero junto con el número de veces que en 16 ensayos atacó al - modelo. Para los ojos humanos el modelo final, que provocó el ataque -

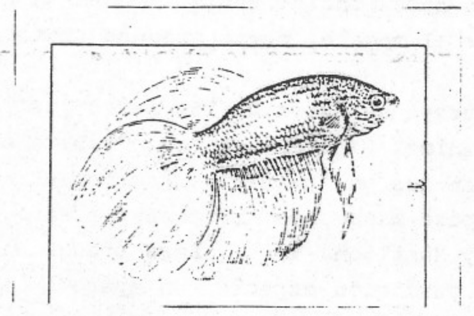


Figura 16. El pez guerrero Siamés macho (Betta splendes) levanta todas sus aletas y agallas en una máxima respuesta - agresiva a un intruso. La fotografía en blanco y nogro no logra capturar la sorprendente iridiscencia del pez (Tomado de Marler y Hamilton, 1966).

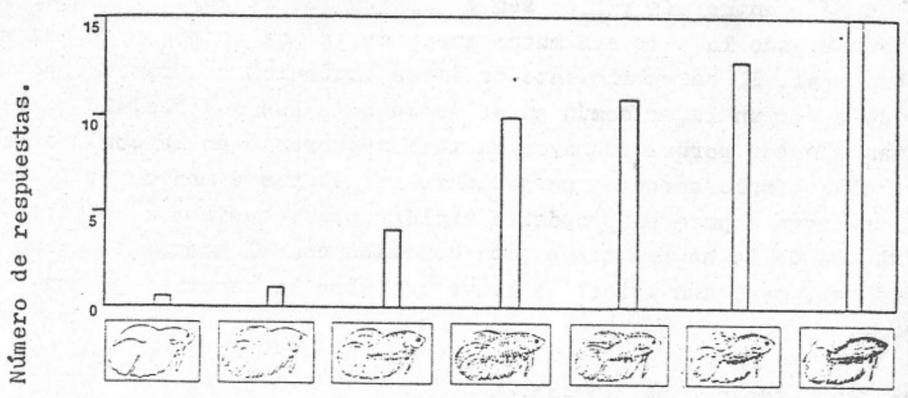


Figura 17. Número de veces que en 16 pruebas cada modelo provocó la respuesta agresiva del pez guerrero siamés macho. A medida que el modelo se hacía más realista, el -- animal respondía más confiablemente. El detalle en los - modelos indica dónde se añadía color.

casi en cada ensayo, es una aproximación bastante buena a la realidad. Entre menos detallado fuese el modelo, menos ataques provocaba.

En el caso de la respuesta de pelea de los peces guerreros, el mundo perceptual humano y animal parecen coincidir substancialmente. En otros casos las discrepancias son pasmosas. Tomemos el ejemplo del cortejo de un tipo de mariposa macho, la mariposa plateada (Magnus, 1958, descrito por Marler y Hamilton, 1966). Para probar el atractivo sexual de varios estímulos para esta especie, un aparato hacía girar frente al macho a diversos modelos de la especie. Al principio, el experimento utilizó modelos bastante realistas de la hembra, incluyendo el batir de las alas. Sin embargo, el experimentador descubrió que todo lo que se necesitaba para excitar al macho era un patrón fluctuante de un cilindro en rotación al que se hubieran pegado trozos de las alas de la hembra alternadas con pedazos de papel coloreado. La mayor parte de la geometría que nosotros vemos en la hembra resulta superflua. Para el macho sólo cuenta el aleteo que acompaña al vuelo. Lo que es más, entre más rápido sea el aleteo más atractivo será el modelo, aún cuando la tasa sea mucho mayor de la que podría producir una hembra real. El descubrimiento de estos estímulos "supranormales" ha venido a ser un lugar común en el estudio de los modelos, lo que es importante notar porque subrayan un tema recurrente en la conducta animal: el estímulo adecuado para muchas respuestas a menudo es físicamente irrelevante para el propósito biológico que subyace a la pulsión. El aleteo de la hembra tiene poca conexión con el apareamiento de las mariposas, pero aún asi es la llave que abre la secuencia entera de acción.

<u>MECANISMOS INNATOS DE LIBERACION</u>

La analogía de una llave y una cerradura captura la delicada relación entre la conducta y el ambiente, por lo que ha sido frecuentemente invocada. Algunas veces a la llave se le llama <u>estímulo signo</u>, y a la cerradura, que es el sistema de respuestas que conduce al evento consumatorio, se le denomina <u>mecanismo innato de liberación</u> (MIL). Un

mecanismo innato de liberación es otra forma, además de los instintos y las pulsiones, de hablar acerca del esquema motivacional básico.

La larva del escarabajo de la papa (Leptinotarsa decembineata; ver Marler y Hamilton, 1966) vive sobre este tubérculo; y en comparación con el gusto generalizado de la mosca por los azúcares, el apetito de la larva parece selectivo. Aun asi, al salir del huevo la larva empieza por morder cualquier cosa en que pueda hundir la boca. Si se encuentra con alguna planta emparentada con la papa, encontrará un químico que facilita la ingestión, pero también otro químico que la inhibe. Como sólo la planta de la papa carece del químico inhibidor, con suerte la larva llegará eventualmente a ella. El químico inhibidor actúa sobre cierto sensor químico del insecto, si este sensor es eliminado o desactivado regresa la poca selectividad de la larva, la cual puede ingerir dietas inadecuadas e incluso letales.

Los diversos químicos facilitadores o inhibidores pueden ser irrelevantes desde el punto de vista de la nutrición, el insecto puede no utilizarlos después de que pasan de la boca, pero llevan a la larva a la comida como si fuesen un conjunto de señales químicas en que aquella tiene un interés innato. Para la planta de papa podría resultar ventajoso ser menos apetecible para la larva, de modo que con el tiempo podría evolucionar los químicos repulsivos adecuados. Esto podría suceder porque una papa mutante que fuese repulsiva para la larva -y sin ningún otro cambio- tendría una ventaja substancial sobre las variedades actuales, y eventualmente llegaría a predominar incluso sin la ayuda de los agrónomos humanos que indudablemente buscan variedades "resistentes". Muchas cosechas resistentes derivan su ventaja de resultar poco atractivas para el gusto de los forrageros.

Los conceptos de estímulo signo y mecanismo innato de liberación se aplican fácilmente al forrageo de la larva del escarabajo de la papa. El insecto tiene una cadena de respuestas de alguna manera encerrada en su sistema nervioso. La cerradura sólo es abierta, por así decir

lo, por la combinación correcta de estímulos, principalmente olor y sabor. En la naturaleza la llave abre la cerradura con la consistencia suficiente para mantener a la especie en marcha, como podría atestiguar con tristeza cualquier granjero. En el laboratorio es posible manipular los elementos de la llave de modo que la cerradura no sea abierta ni siquiera ante las fuentes alimenticias adecuadas; oengañar a la cerradura de modo que se abra al giro de una llave falsa. Los estímulos signo químicos pueden ser aislados de la comida que suelen señalar.

La conducta de la garrapata común nos brinda otro ejemplo de los estímulos signo y los mecanismos de liberacion (descrito por von Uexküll, en Schiller, 1957) La garrapata comun es una criatura similar a la araña que vive de succionar sangre de animales de sangre caliente generalmente mamíferos pequeños como los gatos o los perros. Como carece de visión o de gran movilidad, la garrapata ha evolucionado una enorme paciencia. La hembra puede posarse en un arbusto durante meses sin agua ni comida, tiene una enorme resistencia al hambre, pero al costo de una inactividad casi total. Aparentemente el estímulo que la hace "saltar" a la acción (y saltar es el término correcto para describir su caida del arbusto) el el olor del ácido butírico que es emanado por la piel de todos los mamíferos. Cuando pasa un animal cerca de ella, se deja caer, y si tiene suerte caerá sobre él; de no ser así, simplemente sube de nuevo al arbusto y reanuda su paciente vigilancia. Si logró caer sobre la presan, succiona hasta llenarse, eventualmente deja a la presa, y si estaba cargando huevos fertilizados, los pone y muere. La vasta complejidad sensorial que los seres humanos encuentran en un camplo lleno de plantas y animales, para la garrapata se reduce a la presencia o ausencia del ácido butírico. El olor del ácido libera o provoca que se deja caer lo que -si cayó sobre un perro o gato, o en ocasiones un ser humano- la expone al siguiente signo de la secuencia, la calidez del cuerpo, que a su vez libera la excavación de la piel que lleva a la sangre, y asi sucesivamente. La garrapata es fácil de engañar ya que es sencillo abstraer a los estímulos controladores del ambiente natural. El ácido butírico, la calidez y las membranas que cubren un fluido pueden ser ofrecidas en lugar de un perro o gato reales y la garrapata se alimentará satisfecha e inútilmente.

La garrapata puede ser engañada porque el estímulo signo carece de redundancia, si se descuida al presentarse el estímulo, no habrá otro que pueda dirigirla. La presencia de un mamífero puede ser señalada por innumerables cosas aparte del olor del ácido butírico, pero la garrapata pareee ignorarlas. Por ejemplo, si la garrapata respondiera al olor del ácido butírico y al sonido susurrante de la vegetación (suponiendo que pueda oir), sería más difícil engañarla porque el estímulo signo habría dado un paso hacia la multiplicidad de los objetos, que es como los conocemos. Como cada trozo adicional de redundancia hace al estímulo signo mas cercanamente equivalente al objeto, es menos probable que lleve a la criatura a una decepción. La supervivencia de la garrapata nos dice que se maneja de acuerdo a sus posibilidades, pero en cualquier forma, lo importante es notar el principio. En las criaturas superiores los estímulos signo tienden a ser altamente redundantes más cercanos al conjunto de atributos físicos de los objetos a que responden las criaturas. Pero incluso los seres humanos, que creen ver las cosas como "realmente son", pueden ser engañados.

Las criaturas que se guían por estímulos signo no redundantes suelen centrarse en algún aspecto distintivo, como el olor del ácido butírico. Para la garrapata sería arriesgado contar con el susurro del follage como único estímulo signo ya que no solamente acompaña a la cercanía de los mamíferos, sino a muchas otras cosas, desde el viento hasta los terremotos. Para las criaturas que carecen de sistema nervioso que les permita manejar la redundancia, la mejor protección contra las salidas falsas consiste en responder únicamente a un estímulo signo exótico.

PULSIONES ENDOGENAS Y EXOGENAS.

La analogía de la cerradura y la llave no logra capturar al menos un rasgo crucial de las pulsiones biológicas, Una cerradura ordinaria espera inerte la llave que la abre, en contraste, un mecanismo innato de liberación refleja lo que puede llamarse nivel de pulsión. Considere por última vez la alimentación de la mosca, a medida que la ingestión progresa se eleva el umbral para la concentración efectiva de azú

car. La mosca se hace mas remilgosa; es mas dificil liberar su MIL; su pulsion por la comida disminuye. Un cambio similar regula la danza de la abeja, si la alacena del panal esta bien abastecida, la forragera encuentra cada vez menos espectadoras interesadas, de modo que para que se produzca la danza debe encontrar una fuente de comida realmente buena. En otras palabras, la cerradura tiene algo que decir respecto a la llave que la abrirá.

La pulsión por la comida aumenta con la privacion a lo largo del tiempo. Como esta pulsion ha recibido la mayor atención de la psicologia biologica, la privación ha llegado a parecer mas universal de lo que realmente es. Muchas pulsiones aumentan y caen en ciclos que no tienen relación con la privación -ciclos diarios de actividad para las criaturas que descansan en la oscuridad, o de luz y trabajo para la otra mitad del día; en varias especies, ciclos reproductivos semanales, mensuales, o anuales. Incluso el hambre puede tener sobrepuesto al ciclo diario de actividad. A las pulsiones como el comer o la reproducción, que dependen en mucho de factores internos como el nivel de azúcar o de hormonas en la sangre, se les denomina endógenas.

Otras pulsiones no son cíclicas ni se basan en la simple privación, son controladas principalmente por el ambiente externo vigente en el momento, y se les llama exógenas. Por ejemplo, los insectos sociales mantienen en el nido o panal cierta temperatura, en gran medida independiente de las fluctuaciones externas (Lindauer, 1961; Wilson, 1971b). Las abejas mantienen en su panal una temperatura sorprendentemente constante entre 95° y 96°F desde el final de la primavera hasta bien entrado el otoño. Durante el invierno la temperatura desciende, pero nunca muy por debajo de los 60°F, aún cuando la temperatura exterior este cerca de la congelación. Lograr este grado de control requiere una variedad de medidas estructurales y conductuales. En primer lugar, las abejas construyen el panal de modo que conserve el calor. Más aún, sus cuerpos generan una pequeña cantidad de calor, llegando a sumar cientos o miles de calorías por minuto en un panal que alberga a miles de abejas. Por lo común, el panal bien aislado retiene este ca-

lor natural. Cuando la temperatura se eleva demasiado las abejas empiezan a batir sus alas, abanicando principalmente a las crías y dirigiendo el flujo de aire hacia las entradas. Si la temperatura permanece demasiado alta, algunas abejas empiezan a colocar gotas de agua sobre la empolladura, y a esparcir una delgada película de agua sobre sus lenguas extendidas, creando asi superficies relativamente grandes para la evaporación del agua como una forma natural de aire acondicionado. En un experimento las abejas mantuvieron en su panal la temperatura normal de 96°F aunque la temperatura exterior era de 158°F, pero sólo en la medida en que tuviesen acceso al agua que necesitaban. Siempre que la temperatura del panal se eleva por encima del nivel que puede controlarse por medio del simple aleteo, algunas abejas empiezan a forrajear por agua; si tienen éxito regresan y danzan para comunicar la localización del líquido, reclutando a otras compañeras. La conmoción por el agua sólo dura el tiempo que lleva regresar la temperatura a la normalidad, en ese momento se reanudan las actividades normales del panal.

La regulación de la temperatura del panal nos enseña que la conducta motivada no necesita depender de factores temporales -ni cíclicos ni la mera privación. En principio, una colonia de abejas podría sobrevivir sin que se activara nunca su MIL para la temperatura; si el apicultor mantiene la temperatura del panal entre 94° y 96°F, podemos esperar que el aleteo, la diseminación del agua, y otras conductas correspondientes a esta pulsión permanecerán indefinidamente inactivas.

La diferencia esencial entre el control de la temperatura y, por ejemplo, el comer o el apareamiento esta en la localización del agente que opera los reguladores. Las pulsiones relativamente endógenas -como el comer o la reproducción- fluctúan en su disposición a ser disparadas a la presentación del estímulo signo. Las pulsiones relativamente exógenas -como el control de la temperatura o la agresión contra intrusos- son reacciones más exclusivamente defensivas contra daños y lesiones y, en consecuencia, tienen sensibilidades más constantes. Sin embargo, los MILs no se dividen en dos clases claramente diferenciadas; en lugar de ello forman un contínuo con mezclas variables de orígenes internos y externos.

ACTIVIDADES EN EL VACIO

Aunque las pulsiones (o instintos, o MILs) tienen distintas fuentes, todas tienen más probabilidad de producir ciertas clases de actividad, lo que constituye su rasgo distintivo. La pulsión alimenticia da lugar, ante los estímulos correctos, a respuestas de comer; la pulsión sexual a las respuestas sexuales disponibles, y asi sucesivamente. Estos estados pueden variar en fuerza, lo que significa que la conducta que controlan puede provocarse con mayor o menor facilidad. Entre más fuerte sea una pulsión, menos se requiere de un estímulo para disparar la conducta, asumiendo que es necesario algún estímulo externo (algunas pulsiones parecen no requerir estímulos externos, como cuando tenemos urgencia de rascarnos la punta de la nariz). Una abeja sólo danzará por una concentración adecuada de azúcar, pero un acuciante estado de necesidad del panal puede disminuir el criterio. Una mosca hambrienta extenderá la proboscis ante soluciones más pobres que una relativamente saciada, y asi sucesivamente.

Se ha reportado incluso que una pulsión suficientemente fuerte puede liberar a las respuestas del control usual de los estímulos signo. El zoologo alemán Konrad Lorenz registró una serie de esas actividades en el vacío, como las denominó. En uno de los casos, un estornino que había criado empezó a hacer los movimientos para cazar una mosca cuando no había ninguna mosca a la vista:

> El estornino voló a la cabeza de una estatua de bronce en nuestra sala, buscando en el "cielo" por insectos voladores, aunque no hubiese ninguno en el techo. De repente, toda su conducta indicaba que había visto una presa. Con la cabeza y los ojos el pájaro hacía un movimiento como si siguiera al insecto con la mirada; inmovilizaba la postura para luego despegar, atrapar la presa y regresar a la percha donde realizaba con el pico los movimientos laterales de tirar y azotar conque muchos pájaros carnívoros matan a sus presas. El estornino tragaba después en varias ocasiones, arreglaba su plumaje, y a menudo sobrevenía un reflejo de temblor, exactamente como sucede después de una saciedad real (Schiller, 1957, pág. 143).

La cacería fingida nos recuerda a los gatitos que parecen alucinar con una presa a la que parecen cazar, a menudo lanzando zarpazos al aire. En estos casos debe tratarse de una pulsión por la cacería, ya que parece poco probable que el estornino y los gatitos estuvieran sumamente hambrientos.

Como con la evidencia anecdótica, también existe duda al respecto de la evidencia presentada a favor de las actividades en el vacío. Sin embargo, la conducta se equilibra a veces de manera tan precaria al borde del desencadenamiento que puede ser disparada por estímulos que desde el punto de vista biológico son ínfimos. LLamar a esa conducta actividad en el vacío o considerar que el criterio para el estímulo signo disminuyó tanto que volvió al estímulo invisible para el ojo humano puede ser una sutileza semántica.

Los papeles de la privación y del cambio de criterio para el estímulo signo adquieren gran significado por el papel que juegan en la agresión. El asunto es sí una criatura con una pulsión (o MIL) para la agresión debe agredir cada cierto tiempo de la misma manera en que debe comer. La existencia de semejante pulsión implica que siempre que por alguna razón -cualquiera que esta sea- haya un exceso de energía agresiva acumulada, será más fácil alcanzar el estímulo criterio para el acto agresivo, de modo que éste puede ser disparado por estímulos cada vez más inadecuados. Pero, la interrogante es si el estado de pulsión se acumula espontáneamente, es decir, si su origen es endógeno o exógeno. Si es endógeno, podemos perdonarnos por nuestros ocasionales arrebatos de hostilidad; si es exógeno, la agresión puede ser prevenida al evitar las circunstancias provocadoras. Aunque hay cierta duda respecto al lugar que corresponde a la agresión en este continuo, es importante notar que nada en la naturaleza de las pulsiones sugiere que la conducta motivada ocurre de manera espontánea sin la estimulación adecuada, o para decirlo de otra manera, sin la llave que abre la cerradura. En otras palabras, la agresión puede ser más similar a un panal demasiado caliente que a un estómago vacío, dando lugar a la conducta sólo cuando las circunstancias externas hayan inducido el estado

de pulsión. O, puede ser esencialmente endógena, ocurriendo debido a factores internos sin considerar la provocación. Puede incluso ser algo distinto para individuos diferentes, y ciertamente varía entre las especies.

ABUNDANCIA, RESISTENCIA, Y ESPECIFICIDAD.

En relación a las pulsiones en general, es evidente que las necesidades ambientales de la criatura de alguna manera deben ser satisfechas con sus capacidades conductuales. Las criaturas que responden a los estímulos de manera no específica deben vivir donde abunde la comida o tener una gran resistencia a la pobreza. Por ejemplo, si la privación de alimento sólo produce una ortokinesis al aumentar el nivel de luminosidad, entonces la criatura vive cerca de la sombra, que es rica en alimento, o puede vivir sin alimento por largas temporadas. En contraste, las criaturas que responden de manera específica a los rasgos sobresalientes de los objetos que necesitan pueden recorrer un mayor territorio manteniendo la vigilancia sobre sus metas.

Al final todas tienen probabilidad de encontrar las cosas que necesitan a la tasa requerida para mantener a la especie con vida, pero los estilos varían enormemente. En la escala evolutiva pueden distinguirse de manera gruesa tres niveles de especificidad, aunque es importante tener en mente que ningún esquema simple puede hacer justicia a la diversidad de la vida animal. Al fondo de la escala la conducta --- tiende a ser no dirigida, pero esas criaturas simples viven relativamente confinadas con alimentos abundantes. Este nivel gradualmente da lugar a otro en que los animales tienen conductas innatas relativamente dirigidas y especializadas en relación con cada pulsión, que incrementan substancialmente su campo de acción. Como se notó antes, el paso de las kinesis difusas a las taxias dirigidas no puede darse hasta que las criaturas hayan evolucionado receptores direccionales, partes móviles, y el tejido nervioso que los coordine. En el siguiente nivel se encuentran animales con sistemas nerviosos de mayor complejidad y una vida más larga para interactuar con el ambiente. Pero, una vez más

la responsividad innata a los diferentes estados de pulsión es principalmente difusa. Esto puede parecer una reversión, excepto por una nueva capacidad que compensa la pérdida de la especificidad innata, esta consiste en la capacidad para aprender. Las criaturas superiores tienen un campo de actividad mayor y en cada ambiente pueden llenar los detalles de cada pulsión particular.

Aunque el cambio de la especificidad inherente a los estímulos a la difusión inherente más la especificidad aprendida fué un evento --- trascendental en la biología de la conducta, no fué repentino ni completo. Ninguna criatura, ni siquiera el adaptable género humano, está enteramente libre de las restricciones innatas a la forma en que satisface las instigaciones de sus pulciones.

IMPRONTA.

La capacidad para aprender ha estado acechando a lo largo de este capítulo, y ha llegado el momento de traerla a escena. Las abejas a las que se impide danzar, al ser liberadas empiezan como remitentes -- desmañadas y receptoras torpes. Lo que comunican o reciben muestra que su lenguaje tiene algo como un vocabulario innato. Sin embargo, su torpeza inical demuestra que el aprendizaje perfecciona la capacidad heredada. También los pinzones demuestran ser educables sólo hasta cierto punto, éstos tienen una tendencia innata a cantar cantos que duran -- unos cuantos segundos, a escuchar´e imitar el canto de sus mayores, -- pero más allá de esto, los detalles del canto son llenados por el ---- aprendizaje obtenido en los encuentros locales.

Como ejemplo de aprendizaje el canto del pinzón merece atención debido a que después del primer año ya no puede modificarse. Un pájaro seguirá cantando lo que haya cantado en su primera primavera madura, aunque este primer canto haya sido totalmente inadecuado. Como se sugirió antes, es posible que el pinzón sólo se escuche durante su primer año; hechó éste que parece firmemente establecido independientemente

de que la teoría sea correcta o no. En muchos otros ejemplos de conducta, incluyendo quizá al aprendizaje del lenguaje en los humanos, existen períodos fijos y relativamente breves en que es posible el aprendizaje. Se denomina impronta al aprendizaje que ocurre sólo durante un período limitado de la vida de una criatura (Beach y Jaynes, 1954).

Casi cualquiera ha visto a una mamá pata o una mamá gansa seguidas de una larga fila de patitos o gansitos, según sea el caso, lo que poca gente ha visto es a una pata seguida de una fila de gansitos o a una gansa seguida de una fila de patitos. No obstante, es fácil arreglar esas mezclas si las aves recién salidas del cascarón ven primero a la madre equivocada. Desde finales del siglo diecinueve los naturalistas han sido impresionados por la aparente poca selectividad de las aves recién desempolladas al elegir a un adulto como madre. Algunas de las observaciones se hicieron de manera inadvertida cuando un naturalista se encontró invadiendo el papel maternal por haber sido lo primero que vieron unos gansitos recién desempollados. Al igual que el canto del pinzón, también este tipo de conducta aprendida es rígidamente irreversible; una vez que ha elegido una madre, el pájaro parece incapaz de substituirla por otra, aún cuando su primera elección sea biológicamente absurda. Un gansito que siga a una "mamá" humana tendrá problemas posteriormente para encontrar su lugar en su vida de ganso.

Debido a su caracter indeleble, a este tipo de aprendizaje fué denominado impronta (aunque la designación original fué la palabra alemana Prägung) por Lorenz, que aunque no fué el primero en describirlo, fué uno de sus investigadores tempranos más cuidadosos. En el laboratorio encontró que las áves jóvenes son más tolerantes de lo que se habría sospechado. Un patito recién desempollado puede ser improntado por todo tipo de objetos, algunos de los cuales son muy diferentes al aspecto del pato. Los primeros experimentos usaron modelos de patos, pero los últimos emplearon cosas como cajas suspendidas de una cuerda y movidas con un mecanismo de poleas. Si la caja tiene lados translúcidos o transparentes, y si una luz brilla desde su interior, tanto mejor, no porque se parezca más a mamá pata, sino porque contrasta más contra el fondo. Sin embargo, esto no significa que la apariencia o el sonido de una pata real carezcan de todo atractivo para el patito. Algunos experimentos han probado a cuál de dos objetos se acercan más los patitos: a una mala imitación visual de una pata adulta con que se improntó el patito, o a un modelo altamente realista que emite llamadas similares a las de la madre auténtica. El resultado de la prueba depende de factores como la edad del patito durante la impronta original y durante la prueba. Si la impronta tuvo lugar durante un período crítico en la vida del patito -alrededor de 15 horas después del desempollamiento para los ánades- entonces el modelo realista tendrá poco control y se preferirá al señuelo.

Se considera que el período crítico para la impronta depende de dos procesos de crecimiento (Hess, 1959). Poco después de la salida del cascarón un patito investiga los alrededores un tanto desmañadamente, pero rápidamente adquiere la coordinación suficiente para mantenerse cerca de la madre. Mientras su sistema motor va madurando también adquiere la capacidad de ser atemorizado por los alrededores no familiares, como demuestra en el número creciente de llamadas de alarma que emite y por otras señales de temor que un observador experimentado puede percibir. Si el pato no ha sido improntado en las primeras horas posteriores a su salida del cascarón, su temor a los objetos no familiares impedirá que tenga lugar la impronta. Por otro lado, si es expuesto demasiado pronto a un objeto, entonces será la nafiedad y no el temor lo que interfiera. El período crítico durante el cual la impronta con cualquier objeto es más efectiva cae en el medio.

Un ave tiende a seguir al objeto improntado, y la distancia que guarda depende del tamaño del objeto. Si es grande, entonces el ave se mantendrá rezagado en comparación con la distancia que mantendría con la madre. Si el objeto es pequeño, el ave se acerca. Las aves jóvenes se manejas para mantener una distancia del objeto que iguala aproximadamente la proyección de su blanco natural, como describe la figura 18 Incluso las conductas improntadas pueden tener un ingrediente innato.

Las aves que anidan en la tierra -pollos, patos, gansos, etc- que han sido estudiadas cuidadosamente en el caso de la impronta, dejan de seguir al objeto improntado al alcanzar la edad aproximada de un mes. Pero, aún después de que termina el seguimiento persiste algún residuo de la respuesta. Se ha reportado que gansos que han formado un vínculo de apego con los naturalistas desarrollan anormalidades sociales o sexuales en relación a los compañeros que eligen cuando llega el momento adecuado. En lugar de exhibir una conducta sexual normal, algunos gansos empezaron a hacer los gestos de cortejo ante los humanos que habían seguido. Otros estudios reportan distorsiones similares en la preferencia sexual de aves que habían sido criadas por aves adultas de especies o cepas diferentes. La hibridación entre diferentes cepas de pichones puede promoverse deliberadamente al hacer que los jóvenes sean adoptados por la especie con que luego serán cruzados. El patito feo mostrará como cisne adulto algunos gustos exóticos en su elección de compañero.

Aunque el ejemplo de impronta favorito es el seguimiento en las aves, muchos otros animales muestran tendencias similares. Una clase de avispa que parasita a una especie de polillas al dejar sus huevos sobre la larva de la polilla puede ser convertida en otra raza de polilla si se transfieren los huevos antes de que los insectos salgan de ellos. Los corderos que son separados del rebaño y que son criados por humanos pueden ser aislados por el rebaño cuando regresan a él. Los perros y gatos pueden ser exitosamente domesticados sólo después de un contacto temprano con la gente, de otra manera, incluso estas criaturas usualmente amistosas crecerán salvajes y bravías. Los halcones construyen sus nidos en los árboles o en los riscos dependiendo aparentemente de dónde hayan sido criados. Los halcones de risco no encontrarán halcones de risco, por lo que no competirán con ellos aún cuando ambas especies parezcan ser muy similares en otros aspectos. Como los dialectos del pinzón, muchos otros ejemplos de impronta cumplen el propósito biológico de asilar al grupo.

Pollos, patos y gansos empiezan con una elevada flexibilidad y

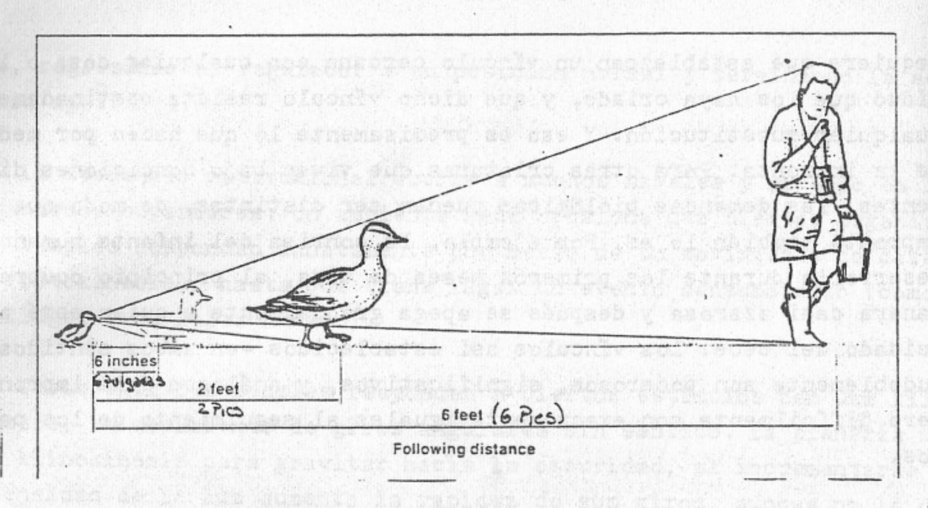


Figura 18. Un patito improntado con una persona la sigue a mayor distancia que uno improntado con su auténtica madre, pero sigue más cercanamente a un pequeño pato de juguete. De esta manera mantiene relativamente constante el ángulo visual del objeto improntado.

pronto se vuelven sumamente rígidos, pero otras especies de aves no son tan flexibles al principios ni tan inflexibles después. Incluso dentro de una especie puede encontrarse un rango de susceptibilidad a la impronta. En efecto, estudios realizados en patitos indican que la tendencia a improntarse varía dentro de una misma raza. A través del apareamiento selectivo es posible producir razas que difieran en su tendencia a improntarse, aunque no sabemos qué esta siendo transmitido en el plasma germinal -en la herencia biológica- que hace la diferencia.

La especial docilidad en la vida temprana de muchas criaturas, incluyendo al hombre, es un tema psicológico familiar -en la percepción, lenguaje, inteligencia, psicodinámica, e incluso en la adquisición de la moralidad. Aunque sería innecesario unir todos esos ejemplos en la categoría de la impronta, también sería imprudente suponer que no están relacionados. No es accidental que la impresionabilidad de la juventud sea un tema recurrente, probablemente refleja rasgos básicos de la maduración del sistema nervioso, asi como las demandas de la evolución. Por ejemplo, las aves que anidan en el suelo deben moverse en sus alrededores poco después de salir del cascarón. Su supervivencia

requiere que establezcan un vínculo cercano con cualquier cosa o individuo que los haya criado, y que dicho vínculo resista obstinadamente cualquier substitución. Y eso es precisamente lo que hacen por medio de la impronta. Para otras criaturas que viven bajo condiciones diferentes, las demandas biológicas pueden ser distintas, de modo que la impronta también lo es. Por ejemplo, la sonrisa del infante humano se desarrolla durante los primeros meses de vida, al principio ocurre de manera casi azarosa y después se apega gradualmente a quien esté al cuidado del bebe. Los vínculos asi establecidos -en ambos sentidos- indudablemente son poderosos, significativos, y análogos a la impronta, pero difícilmente son exactamente iguales al seguimiento de los patitos.

Sin embargo, el aprendizaje en las etapas tempranas de la vida sólo es parte de la forma más general en que las criaturas refinan las difusas respuestas heredadas a sus pulsiones para enfrentarse con su ambiente.

REVISION.

1.- Los motivos o pulsiones son estados internos inferidos que explican la variabilidad de la conducta de los organismos individuales y las diferencias en la conducta de diferentes organismos. Los motivos están conceptualmente relacionados con los propósitos, deseos, metas, y asi sucesivamente., conceptos que aplicamos sin gran confusión a muchas acciones humanas, pero con mayor incertidumbre al total de la conducta humana o animal. Las pulsiones unen de manera adaptativa a la conducta y el ambiente, promoviendo la supervivencia del organismo y su capacidad para la reproducción, ayudando asi a preservar la especie.

2.- Una secuencia de conducta motivada involucra tres estados: pulsión, en que cierto tipo de regulador interno es desviado, haciendo probable a las respuestas apetitivas, las que ponen al organismo en movimiento en respuesta a los estímulos que luego contribuyen al evento consumatorio, regresando al regulador a su posición normal y terminando la actividad apetitiva.

3.- La secuencia motivacional ocurre a muchos niveles y no sólo en los organismos superiores. Un ambiente seco ocasiona que ciertos organismos simples respondan innatamente por medio de un movimiento no dirigido (ortokinesis), hasta que tiene lugar un evento consumatorio (como el llegar a un lugar húmedo).

4.- Otros animales simples responden a ciertos estímulos con una klinokinesis, un movimiento de giros angulares sin sentido. La planaria usa una klinokinesis para gravitar hacia la oscuridad, al incrementarse la intensidad de la luz aumenta la rapidez de sus giros, aunque no la dirección. Debido a las pausas que hace en la oscuridad, si se encuentra en un ambiente con un extremo luminoso y el otro oscuro, la planaria terminará en la oscuridad.

5.- Las taxias consisten de movimientos forzados simples que no obstante tienen sobre las kinesis la ventaja de ser movimientos directos hacia o lejos de algo que es importante para sobrevivir, como comida o luz. Las criaturas con taxias alcanzan sus metas de manera bastante directa, lo que hace que su conducta parezca más propositiva.

6.- Una criatura con una klinotaxia tiene un mecanismo sensorial simple que le permite comparar los estímulos de manera sucesiva y oscilar hacia o lejos de una fuente de estimulación. La larva de la mosca muestra una klinotaxia debido a un órgano sensible a la luz que mantiene alejado de la fuente de luz.

7.- Las criaturas con un conjunto de receptores sensoriales en ambos lados del cuerpo son capaces de moverse directamente hacia o lejos de los estímulos sensoriales. La comparación simultánea entre los receptores izquierdo y derecho hacen a sus movimientos instancias de tropotaxia.

8.- Los organismos con una telotaxia pueden compensar una disfuncionalidad inducida experimentalmente en alguno de sus receptores, de modo que su conducta parece más propositiva que la de las criaturas más simples. Una abeja con un solo ojo funcionando puede pasar directamente de una fuente de luz a otra sin mostrar los trazos tortuosos asociados con la klinotaxia y la tropotaxia.

9.- En la mayoría de las criaturas las taxias y kinesis se combinan y coordinan. Una kinesis puede poner a una criatura en movimiento; cuando su meta está cerca empieza a funcionar una taxia para obtenerla. En la mayor parte de la conducta animal y humana, los movimientos coordinados son la regla más que la excepción. La coordinación de los movimientos nos da una indicación de las pulsiones o instintos que energetizan, dirigen, y regulan la actividad de un organismo.

10.- Todas las criaturas tienen la probabilidad de encontrar las cosas que necesitan para mantener a la especie con vida. Los organismos con movimientos no dirigidos viven en ambientes confinados y abundantemente abastecidos. Los animales más desarrollados con receptores direccionales, partes móviles, y el tejido nervioso para coordinarlos poseen movimientos innatos especializados y dirigidos que se conectan con una variedad de pulsiones, lo que incrementa substancialmente el rango de efectividad del animal. Los temas recurrentes en la investigación del instinto son la identificación del propósito o meta alrededor del cual se coordinan los movimientos, así como la explicación de éstos.

11.- El instinto de alimentación de la mosca es bastante simple y directo: come porque su recolectos está vacío (el regulador). Su conducta apetitiva la dirige hacia el olor de azúcares fermentados que encontró en el aire y por último a la ingestión del azúcar; bombea la solución dulce a su recolector. A medida que progresa la alimentación el recolector va almacenando la comida, y después de cada comida una cadena coordinada de reflejos transfiere la comida al intestino principal (el evento consumatorio). El nivel de azúcar en la sangre regula la tasa de transferencia del recolector al intestino y así funciona como un reloj que registra el tiempo transcurrido desde la última comida.

12.- Entre los invertebrados, la abeja es distinguida por la división altamente específica del trabajo dentro del panal. Esas conductas incluyen las extraordinarias "danzas" por medio de las cuales una abeja informa a sus compañeras acerca de una fuente de comida que ha encontrado. Gran parte de la conducta de la abeja no está relacionada con su propia supervivencia: la danza de la abeja depende en parte de la presencia de una audiencia. De modo que los reguladores han evolucionado principalmente (si no es que exclusivamente) para permitir la supervivencia de las especies y no solamente la de los individuos.

13.- El canto distintivo del pinzón es una secuencia motivacional por medio de la cual los machos expresan su disponibilidad para aparearse y proteger familia y territorio. La naturaleza del canto es parcialmente innata y parcialmente adquirida; el desarrollo individual del canto nuevamente muestra las fases apetitiva y consumatoria de un instinto.

14.- Los estímulos para muchas respuestas son irrelevantes para el propósito biológico que subyace ala pulsión, pero pueden ser la llave que abra la secuencia entera de actividades. Como una llave y una cerradura, el estímulo signo activa al mecanismo innato de liberación (MIL), el sistema de respuesta latente que lleva al evento consumatorio. Algunos estímulos signo son tan elementales como el ácido butírico, el que es emitido por la piel de todos los mamíferos y atrae a la garrapata común al mamífero del que succiona la sangre. En las criaturas superiores los estímulos signo tienden a ser altamente redundantes, más cercanos al conjunto total de atributos físicos de los objetos a que responden las criaturas.

15.- La comprensión de la conducta motivada puede requerir el conocimiento de la localización de los agentes que operan a los reguladores.

Las pulsiones como el comer o la reproducción, que dependen en gran medida de factores internos como el nivel de azúcar o de hormonas en la sangre, se denominan endógenas (que vienen de dentro). Otras pulsiones son más controladas por el ambiente externo y se llaman exógenas (provienen del exterior). Los estímulos exógenos tienden a producir reacciones defensivas a la amenaza de daño o lesión.

16.- Las pulsiones (o instintos, o MILs) pueden incluso liberar a las respuestas del control usual de los estímulos signo. Estas actividades en el vacío, como la respuesta de "cazar moscas" de un estornino cuando ninguna mosca está a la vista- pueden ser resultado de estados tan elevados de pulsión que el criterio para el estímulo signo es invisible para el ojo humano.

17.- Algunos animales, incluyendo quizá a los seres humanos, pueden tener períodos críticos para la adquisición de ciertas conductas. El ejemplo más famoso de esto es la impronta de los gansos grises que empiezan a seguir a su madre o a una madre substituta (ave, juguete plástico, o humano) poco después del nacimiento. El período crítico para la impronta más efectiva con cualquier objeto puede ocurrir entre el inicio de dos procesos de crecimiento: la maduración del sistema nervioso cuando el gansito adquiere suficiente coordinación para seguir a la madre; y el inicio de la capacidad del gansito para temer a los alrededores no familiares. Como la impronta parece cumplir el propósito biológico de mantener a un grupo aislado de otras especies, los animales improntados con objetos distintos a los miembros de su propia especie pueden mostrarse posteriormente maladaptados social o sexualmente.

Universidad Nacional Autónoma de México

Este material fue impreso en el Departamento de Publicaciones de la Facultad de Psicología, UNAM, 1994.



Coordinación de Servicios de Apoyo Académico